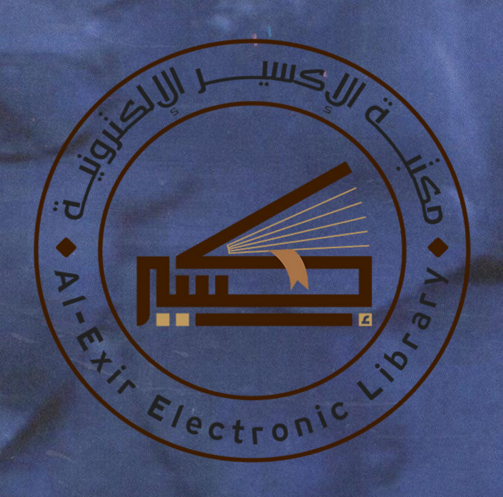
# إعداد المياه

## للشرب والإستخدام المنزلى





مهندس إستشارى

محمد أحمد السيد خليل



ISO 9002
Certificate No. 82210
03 / 05 / 2001






المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية




المكتبة الأكاديمية
شركة مساهمة مصرية
الحاصلة على شهادة الجودة
ISO 9002
Certificate No.: 82210
03/05/2001




# إعداد المياه

## للشرب والإستخدام المنزلي

## حقوق النشر

الطبعة الأولى ٢٠٠٣م - ١٤٢٣هـ



**المكتبة الأكاديمية**

شركة مساهمة مصرية

رأس المال المصدر والمدفوع ٩,٩٧٣,٨٠٠ جنيه مصرى

١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة

القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون : ٧٤٨٥٢٨٢ - ٣٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)

فاكس : ٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

# تقديم الكتاب و محتواه

لقد كان الدافع إلى تناول موضوع إنتاج المياه لأغراض الشـرب والاسـتخدام المنزلي هو حاجة المكتبة العربية لمزيد من هذه الإصـدارات لتواكـب التقنيـات الحديثة فى مجال التصميم والصيانة والتشغيل، وبما يفيد العاملين فى هذا المجـال وكذلك الدارسين والباحثين. وقد تم اعداد المرجع فى سبعة أبواب.

**الباب الأول** :- المعايير والدلائل للمياه الصالحـة للشـرب والاسـتخدام المنزلى.

**الباب الثانـى** :- تنقية المياه للشرب.

**الباب الثالـث** :- طرق الترسيب للمواد الصلبة العالقه.

**الباب الرابـع** :- التخلص من المواد العالقه بالترشيح.

**الباب الخامس** :- المعالجات الخاصة.

**الباب السادس**:- تطهير المياه.

**الباب السابع** :- تحلية المياه المالحة.

## ١ – فى الباب الأول

تم مناقشة المعايير التى أعدتها وزارة الصحـة ووردت فـى قـانون البيئـة ١٩٩٤/٤ بخصوص الحدود القصوى للملوثات فى المياه لتكون صالحـه للشـرب والاستخدام المنزلى ومقارنتها بالدلائل التى اعدتها منظمة الصحة العالمية. حيث تم استعراض الخواص الطبيعية ومنها اللون والطعم والرائحـة، والعكـارة والرقـم الهيدروجيني ودرجة الحرارة فى القسم الاول.

وفى القسم الثاني: تم مناقشة المواد الغير عضوية في مياه الشرب ذات التـــأثير على الاستساغة والاستخدام المنزلي والتي ليس لها تأثير علــــى الصحـــة العامـــة وشملت الأملاح الكلية المذابة، الحديد، المنجنيز، النحاس، الزنك، العســـر الكلـــى، الكبريتات، الكلوريدات، الصوديوم، الألومنيوم.

وفى القسم الثالث: تم مناقشة المواد الغير عضوية ذات التأثير علــــى الصحـــة العامة والتي شملت الرصاص، الزرنيخ، السيانيد، الكادميوم، السيلينيوم، الزئبـــــق، الكروم، النترات، النيتريت، الفلوريدات، الفضة، النيكل، البريليوم، الأسبستوس.

وفى القسم الرابع: نوقشت المواد العضوية ذات التأثير على الصحـــــة العامـــة وهى مبيدات الهوام، البنزينات المكلورة وكيماويات أخرى، الميثانـــــات المكلـــورة، أحماض الخليك المهلجنه.

وفى القسم الخامس: تناول الاشعاعات النووية فى مصادر المياه الســـطحية او الجوفيه.

وفى القسم السادس: الملوثات من الكائنات الحية الدقيقة. حيث تم اســـــتعراض مخاطرها على صحة الانسان بما تسببه من أمراض وبائيه. ثـــم التعـــرف علـــى انواعها والكشف عنها وحدودها القصوى فى مياه الشرب.

وعند مناقشة هذه الملوثات تم استعراض مدخولها اليومى من الهواء والغـــذاء ومياه الشرب والذى قدرت على اساسه الدلائل التى اعدتها منظمة الصحـــة العالميـــة. كما تم مناقشة مصادر هذه الملوثات ووصولها الى المياه سواء لمصادر الميـــــاه او للمياه المعدة للشرب مما تتطلب الاشارة الى اهمية المحافظة على مصـــــادر الميـــاه السطحية والجوفية من التلوث وكذلك الحد من الملوثات فى شبكات الامـــداد لميـــاه الشرب والخزانات.

## ٢- الباب الثانى: تنقية المياه للشرب

فى القسم الاول:- تم استعراض تقنيات ازالة المواد العالقه من مياه المجـــارى العذبة حيث تم مناقشة انواع المآخذ وأهمية العناية بتصميمها للمحافظة على نوعيـــة

المياه طبقا للتغير فى المنسوب او التغيرات الموسمية فى نوعية المياه مع الإشـــارة الى بعض انواع المآخذ. كما تم استعراض القواعد النظرية لترسيب المواد الصلبـــة العالقه طبقا للحجم والكثافة النوعية ونوع المادة وذلك بالترسيب الحر. حيث بـــرز اهمية اضافة كيماويات الترويب ومساعدات الترويب لاختصار زمن الترسيب مـــن عدة ايام الى بضع ساعات لبعض المواد وخاصة للمواد الهلاميه والتى لا ترســـب اطلاقا بالترسيب الحر بدون استخدام كيماويات ومساعدات الترويب وهى المســـببة للّون والعكارة.

وفى القسم الثانى:- تم اســتعراض الكيماويـــات المســتخدمة فـــى الـــترويب ومساعدات الترويب وشملت كبريتات الالومنيوم (الشـــبه) وكبريتـــات الحديـــدوز، املاح الحديد الأخرى، ألومينات الصوديوم، الجـــير المطفـــى وكذلـــك البلمـــرات المستخدمة كمساعدات الترويب. وهذا بالإضافة الى الإشارة لخصائص وضوابـــط استخدام كل من هذه الكيماويات بما يحقق الإزالة للعكارة وبما لا يضـــر بالصحـــة العامة، مع كيفية تعيين الجرعة المناسبة من اى من هذه المروبات لإزالة العكارة ثم اعطاء امثلة حسابية لتقدير حاجة المياه العكرة من هذه المروبات. مع الاخـــذ فـــى الاعتبار معرفة قلوية المياه الخام.

### ٣- البـاب الثالث : طرق ترسيب المواد الصلبة العالقه

القسم الأول:- تناول تجهيز كميات الخلط السريع والخلط البطـــئ، تجـــهيزات التغذيه بكيماويات الترويب ثم طرق الخلط السريع والخلط البطئ لتكوين الزغبـــات القابلة للترسيب الحر. كما تم استعراض نماذج لأحواض الخلط البطئ وكيفية الخلط السريع بالطرق الهيدروليكية والميكانيكية والاستاتيكية.

وفى القسم الثانى:- نوقشت أحواض الترسيب وانواعها ســـواء المســـتطيله او الدائرية وكفاءة الترسيب فى احواض الترسيب وحسابات أبعاد حـــوض الترســـيب طبقا لتدفقات المياه ومن واقع التحميل السطحى لكل نوع من احـــواض الترســـيب. كما تم مناقشة اختبارات الترسيب، والمداخل والمخارج لأحواض الترســـيب وأثـــر

خواص المياه على تصميم احواض الترسيب وكذلك امثلـــة استرشـــاديه لتصميـــم احواض الترسيب.

وفى القسم الثالث:- تم تناول الترسيب بالأسطح المائلة والأنابيب المائلة وهـــى ضمن التقنيات الحديثة للترسيب هذا بالاضافة الى تناول الترسيب والحجز للمـــواد العالقة باستخدام المروقات ذات طبقة الروبة العالقة او الســابحة وكذلــك عمليـــات الترويق الخاصة باستخدام الهواء المضغوط. وتم اســتعراض رســومات وقواعــد التصميم لهذه التقنيات.

## ٤- الباب الرابع : التخلص من المواد العالقة بالترشيح

القسم الاول:- الترشيح الرملي البطيء، نظرية ومبـــادئ التشـــغيل للمرشـــح الرملي البطيء وحالات استخدامه وكفاءته فى ازالة الملوثات من الكائنـــات الحيـــة الدقيقة بالإضافة الى الاعتبارات والقواعد التصميمية للمرشح الرملي البطئ.

القسم الثاني:- تناول الترشيح الرملى السريع. حيث تم استعراض اســـتعمالاته وأنواعه وكذلك نظرية العمل للمرشح الرملى السريع ونظـــام التشـــغيل والتحكـــم بالإضافة الى الاعتبارات التصميمية وكيفية تنظيم الغسيل العكسى. ثم المخطط العام لمحطة تصميم تنقية مياه الشرب باستخدام المرشح الرملي السريع.

وفى القسم الثالث:- تم استعراض مواد الترشيح وتعاريفها مثل القطر المؤثـــر ومعامل التجانس وكيفية عمل الاختبار للرمل والزلط طبقا للمواصفـــات. وأخـــيرا كيفية وضع وإنشاء الوسط الترشيحى.

## ٥ – البـــاب الخامس : المعالجات الخاصـــه

فى القسم الأول :- ازالة عسر المياه بالترسيب الكيماوى باستخدام لبن الجـــير او الصودا آش ولبن الجير، وحالات اسخدام المروبات وكلوريدات الكالسيوم فـــى ازالة العسر للمياه او تخفيضه ليصل الى المعايير المقررة فى مياه الشـــراب هـــى حوالى من ٨٥- ١٢٠ مل جرام / لتر مقيم ككربونات الكالسيوم.

وفى القسم الثاني: تم مناقشة المواد الغير عضوية في مياه الشرب ذات التـأثير على الاستساغة والاستخدام المنزلي والتي ليس لها تأثير علـى الصحـة العامـة وشملت الأملاح الكلية المذابة، الحديد، المنجنيز، النحاس، الزنك، العسـر الكلـى، الكبريتات، الكلوريدات، الصوديوم، الألومنيوم.

وفى القسم الثالث: تم مناقشة المواد الغير عضوية ذات التأثير علـى الصحـة العامة والتي شملت الرصاص، الزرنيخ، السيانيد، الكادميوم، السيلينيوم، الزئبـق، الكروم، النترات، النيتريت، الفلوريدات، الفضة، النيكل، البريليوم، الأسبستوس.

وفى القسم الرابع: نوقشت المواد العضوية ذات التأثير على الصحـة العامـة وهى مبيدات الهوام، البنزينات المكلورة وكيماويات أخرى، الميثانـات المكلـورة، أحماض الخليك المهلجنه.

وفى القسم الخامس: تناول الاشعاعات النووية فى مصادر المياه السـطحية او الجوفيه.

وفى القسم السادس: الملوثات من الكائنات الحية الدقيقة. حيث تم اسـتعراض مخاطرها على صحة الانسان بما تسببه من أمراض وبائيه. ثـم التعـرف علـى انواعها والكشف عنها وحدودها القصوى فى مياه الشرب.

وعند مناقشة هذه الملوثات تم استعراض مدخولها اليومى من الهواء والغـذاء ومياه الشرب والذى قدرت على اساسه الدلائل التى اعدتها منظمة الصحـة العالميـة. كما تم مناقشة مصادر هذه الملوثات ووصولها الى المياه سواء لمصادر الميـاه او للمياه المعدة للشرب مما تتطلب الاشارة الى اهمية المحافظة على مصـادر الميـاه السطحية والجوفية من التلوث وكذلك الحد من الملوثات فى شبكات الامـداد لميـاه الشرب والخزانات.

**٢- الباب الثانى: تنقية المياه للشرب**

فى القسم الاول:- تم استعراض تقنيات ازالة المواد العالقه من مياه المجـارى العذبة حيث تم مناقشة انواع المآخذ وأهمية العناية بتصميمها للمحافظة على نوعيـة

وفى القسم الأول:- تم تناول الكلور كمطـــهر رئيســى وذلــك باســتعراض خصائصه الطبيعيه والكيماوية ومركبات الكلور فـــى المــاء والأثــر البيولوجـــى والكيماوى للكلور فى الماء وأماكن ونقاط استخدام وحقن الكلور. ومركبات الكلــور المختلفة وكفاءتها فى التطهير. وتفاعلات الكلور ومركبات الكلور مع المواد المذابه فى الماء العضويه والغير عضوية.

وفى القسم الثانى:- تم التعرف على خصائص الأوزون وإنتاجه وإيجابياته فــى القدرة العاليه للأكسدة والتطهير مقارنة بباقى المطهرات وكذلك سلبياته لعدم وجــود متبقى بعد فترة من ٥-١٥ دقيقة بما لا يحقق التطهير للشبكة الحامله لمياه الشــرب ثم حالات اضافة الفلور للماء.

**٧- البـــاب السابع : تحلية المياة المالحة**

فى هذا الباب تم تناول تقنيات التحلية او ازالة الأملاح المذابـــة مــن الميـــاه المالحة وهذه شملت التحلية باستخدام اغشية التناضح العكسى، الفصـــل الكيمـــاوى الكهربى (الاليكتروداليسيس) ثم الترشيح الفائق وتقطير المياه (التحلية الحرارية).

فى القسم الاول :- التعاريف.

فى القسم الثانى :-التحلية بالتناضح العكسى حيـــث تــم اســتعراض نظريـــة التناضح العكسى ومواد الاغشية المستخدمة واشكالها. والمعالجة للمياه الخام قبـــل التحلية وامكانيات المعالجة بالتناضح العكسى.

فى القسم الثالث:- تم استعراض التحلية بالتحليل او الفصل الكيميائى الكــهربى (الاليكتروداليسيس)E/D وكذلك طريقة عكس وتبديل الاقطاب ED/R. وخصـــائص الاغشية المستخدمة والاعتبارات التصميمية.

القسم الرابع:- الترشيح الفائق وانواع وحالات استخدام الاغشية فى الترشـــيح لازالة الملوثات طبقا لحجمها ووزنها الجزيئ وتكافؤها.

فى القسم الخامس:- شمل تحلية المياه بالتقطير (التحلية الحرارية) باســـتخدام المبخر السريع، المبخر متعدد التأثير، مبخـــر اعــــادة ضغــط البخـــار، ازالـــة

الترسيبات، المعالجة النهائية للمياه المحلاه لتكون صالحة للشرب والاستخدام المنزلى.

بهذا يكون تم مناقشة جميع التقنيات الخاصة بمعالجة المياه لأغراض الشرب الاستخدام المنزلي من مختلف مصادر المياه السطحيه العزبه والجوفيه والمالحة وذلك سواء فى مجال ازالة المواد العالقه والعكارة أو ازالة الملوثات من المواد المذابة او الكائنات الحية الدقيقة. وذلك بالاستعانة بالاصدارات التى تنشرها الهيئات الدولية ذات الاهتمام بمياه الشرب ومنها اتحاد اعمال المياه الأمريكى (AWWA- American Water Works Assiocion) ومنظمة الصحة العالمية والدوريات والمراجع التى اهتمت بنشر الحديث فى تنقية المياه لأغراض الشرب سواء من المصادر السطحية او الجوفية وكذلك المياه العذبه والمياه المالحة، بهدف زيادة القدرة للكودار المختلفة على الصيانة والتشغيل لكل من هذه التقنيات الحديثة والتفهم العميق لقواعدها العلمية والتطبيقية ولقد كان هذا هو الدافع إلى إعداد هذا المرجع.

**و أرجو من الله العلي القدير أن يحقق ما نبغيه ،،،،،**

**و اللــه الموفق،،،**

**المؤلف**

**مهندس إستشارى**

**محمد أحمد السيد خليل**

# فهرست الموضوعات

## مقدمة الكتاب

# اثر المياه فى حياة الإنسان

الماء هو عصب الحياة فهو اساس الحياه لكـــل الكائنـــات الحيـــه (الانســـان، الحيوان، النبات). وصدق الله العظيم حيث يقول "وجعلنا من الماء كل شئ حـــــى". وبدون الماء لا تستمر الحياة ولهذا فان القاعدة منذ بدء الخليقة اينما يعيش الانســـان يوجد مصدر للمياه. الماء هو اهـــم المواد الطبيعية على كوكـــب الارض فكمياتـــه ثابته وان تغيرت بين العذب والمالح والسطحية والجوفية. تمثل المسطحات المائيـــة ٨٠% من سطح الكره الارضية والتى تقدر بالميل المكعب. ففى البحار والمحيطات ٣١٧ مليون ميل مكعب والثلوج الجليدية ٧,٣ مليون ميل مكعب، البحيرات المالحـة ٢٥ الف ميل مكعب، الانهار ٤١١ الف ميل مكعب، مياه البحيرات العذبة ٣٠ الـف ميل مكعب، المياه الجوفية مليون ميل مكعب، التربة الغير مشبعة ١٦ الـــف ميـــل مكعب، مياه البخار فى الجو ٣,١ الف ميل مكعب. وتمثل نسبة الميـــاه ٧٥% مـــن وزن جسم الانسان، ٨٠% من معظم الخضروات. وفى نفس الوقت فان المياه هـــى من مسببات ٨٠% من الامراض فى العالم كله.

المياه تسير طبقا للظروف المناخية كمياه الامطار والطبوغرافية كمياه الانـــهار والهيدرولوجية كالمياه الجوفية وذلك خارج الحدود السياسية والاقليميه للتقســـيمات الارضيه. الماء هو السائل الوحيد الذى يوجد فى الحالة السائلة والصلبة والغازيـــة فى نفس الظروف البيئية. الماء يسمى المذيب العالمى لتفوقه وقدرته فى اذابة معظم المواد عن اى مذيب اخر. الماء يحد من التغيرات الحادة فى حـــرارة الجـــو كمـــا يحافظ الماء فى جسم الانسان على درجة حرارة الجسم. يمكـــن للمـــاء الاحتفـــاظ بدرجة الحرارة واطلاقها عن اى سائل اخر (عدا سائل النشادر). الـــهواء الجـــوى

يحتوى على ٢% الى ٤% بالحجم من الماء طبقا لقربه من المسطحات المائية حيث تتغير تبعا لذلك درجة الرطوبة وبخار الماء فى الهواء والذى هو مصـــدر ســقوط الامطار. بخار الماء يعكس كثيرا من الحرارة التى تنبعث من اشعة الشـــمس الـــى الفضاء و يحتفظ بجزء اخر من الحرارة ويعيد انعكاسها على ســطح الارض مــع الاحتفاظ بجزء اخر فى الجو. وهذه الظاهرة توفر غلاف دافئ حول سـطح الارض وذلك على عكس التغير اليومى الحاد الذى يحدث على سطح القمر حيث تتـــأرجح درجة الحرارة ما بين –١٧٣°م الى ١٢٣٠°م. وبخار الماء فى الجو لـــه وظـــائف اخرى وهى حجز الموجات القصيرة من الاشعة فوق البنفسجية التى تنبعـــث مـــن الشمس وتتلف شبكية العين وكذلك تصيب جلد الانسان بالسرطان.

بخار الماء هو الغاز الوحيد الذى يتكثف فى درجة الحرارة العادية ولهذا يعتبر المصدر الوحيد لانتاج الطاقة. عند تحول جرام من البخار الى الماء ثم الى الثلـــج ينتج عنه ٧٢٠ سعرا حراريا. وعند التحول العكسى من الثلج الى البخار يمتـــص ٧٢٠ سعرا حراريا ولهذه الظاهرة تحدث حالة الاتزان في درجة حرارة الأرض.

السعة التخزينية الحرارية للماء كبيرة حيث يلزم ١٠٠ سعر حراري لتحويـــل جرام واحد من الماء الى درجة الغليان (١٠٠°م) ولكن لجعل الماء في حالة غليـــان لانتاج البخار يلزم ٥٤٠ سعرا حراريا وهذا يبين الطاقه التخزينيه الكبيره للبخـــار نظـــرا لإحتوائه على طاقة ٥,٤ ضعف الماء. الهواء المحمل ببخار المـــاء أخـــف وزنا من الهواء الجوي وذلك نظرا لأن الوزن الجزيء للماء ١٨ وللأكســجين ٣٢ وللنيتروجين ٢٨. ونظرا لانخفاض درجة الحرارة كلما بعدنا عــن ســطح الأرض فإن الهواء المحمل ببخار الماء يصعد حتى يصل إلى درجة التجمد. والماء يتجـــدد طبيعيا بواسطة البخر وسقوط الأمطار. تصل أقصى كثافة للماء عند درجة حـــرارة ٤°م والتي هي اكبر من تجمد الماء، ولذلك فإن المسطحات المائية في المناخ البارد تكون مغطاه بطبقة من الثلج الخالية من الأملاح واسفلها مياه مالحة. تحدث زيـــادة في حجم المياه عندما تتجمد ففي الأجواء الباردة تتأرجح درجة حرارة الجو حـــول درجة تجمد المياه في أوقات كثيرة بما يجعل المياه فـــي الشـــقوق الصغـــيرة فـــي

الصخور تتجمد والقوة الناتجة عن زيادة حجم الماء بعد تجميده تعمل علـى زيـادة الشقوق وتدمير اكثر الصخور صلابة وتفتتها.

الماء مركب أيونى له شحنة موجبة من أيون الهيدروجين (H+) وشحنة سـالبة من أيون الإيدروكسيد (- OH) الماء فى الطبيعة يحتوى على نسب متفاوتـة مـن الأملاح المذابة والتي تحدد عذوبة المياه وملوحتها. الأملاح المذابـة فـى المـاء وطبيعة تركيبه الأيونى يساعدا على نقل الشحنة الكهربائية وهـذه الخاصيـة هـي المسببة لظاهرة التآكل (صدأ) لمعظم المعادن المعرضة للمجال الرطب حيثما يتوفر الهواء الجوى أو الأكسجين المذاب فى الماء. الماء هو المصدر الرئيـس لإنتـاج الطاقة النظيفة والاقتصادية ولذلك فقد استغلت مساقط المياه الطبيعية كمـا أنشـئت المساقط الصناعية كالسدود لإنتاج الطاقة الكهربائية. تكلفة إنتاج الطاقة من سـقوط المياه تعادل نصف تكلفتها باستخدام الوقود من الفحم أو الغاز أو زيت البترول كمـا تعادل ثلث تكلفة الطاقة من المحطات النووية. كما يستفاد مـن حركـة الأمـواج وارتفاع درجة الحرارة في قاع البحار والمحيطات فـي انتـاج الطاقـة الجديـدة والمتجددة.

المياه هي العامل الأساسي للزراعة وكذلك المصدر الوحيـد للإرتـواء بميـاه الشرب للإنسان والحيوان والطيور كما ان المياه وسيلة جيـدة واقتصاديـة للنقـل وتشمل الاستخدامات الاخرى للمياه عمليات التسخين والتبريد. والمياه تستخدم فـى العمليات الصناعية المختلفة سـواء لدخولها فى مكونات المنتج النهائى او للإزابـة او لاتمام التفاعلات او للنظافة اوللاطفاء.

المياه فى المجارى السطحية تكون عزبة وملوحتها ما بين ٢٠٠ الـى ١٠٠٠ جزء فى المليون وهى الصالحة للشرب وللإستزراع. ميـاه البحـار والمحيطـات تتراوح ملوحتها ما بين ٢٠٠٠٠-٥٠٠٠٠ جزء فى المليون ومياه البحيرات امـا ان تكون عزبة او مالحة او مملحة (Brakish) وهذه ذات ملوحـة مـن ٢٠٠٠ الـى ١٠٠٠٠جزء فى المليون. المياه الجوفية إما عزبه او مالحة وكقـاعدة فالخزانـات الجوفية المالحة تكون قريبة من شواطئ البحار وتتدرج فى الإنخفاض فى التربـة الحاملة للمياه تحت منسوب سطح البحر كلما بعدت عن الشاطئ، وقد تصل الميـاه

الجوفية الى مسافات بعيده جدا طبقا لتفازية التربة ومعدل الإنتقال للمياه وخاصة اذا كانت تعلوها طبقة صماء غير منفذة تحدد مسار الخزان الجوفى المـــالح. وكذلــك بالنسبة للمياه الجوفية العزبة، فالقاعدة أن المياه الجوفية العزبة تعلو المياه المالحــه الأكثر كثافة ويتدرج سمك الطبقة الحاملة للمياه العزبة فى الانتقاص كلما قربنا مــن الشاطئ البحر وبالتالى يتدرج سمك الطبقة المالحة فى الزيادة. ولاتتـــأثر ملوحــة المياه الجوفية بمياه البحر فقط ولكن التكوينات الجيولوجية للتربة الحاملة للخــــزان الجوفى. فقد تكون المياه مالحة بدرجات متفاوتة فى حالــة وجودهــا فــى التربــة المحتويه على الملح الصخرى (كلوريد الصوديوم) والذى يذوب فى المياه الجوفيــه العزبة ويحولها الى مياه مالحة. وفى بعض أنواع التربــة توجـد أمــلاح الحديـد والمنجيز المذابة فى المياه الجوفية وكذلك أملاح الكالسيوم والمغنسيوم. ويرجع ذلك الى تحلل المواد العضوية والهلامية والكائنات الحيه الدقيقة والملوثـــات العضويــة عموما التى تحملها المياه السطحية أثناء تسربها الى جوف الأرض لتغذية الخــزان الجوفى. ونتيجة التحلل للملوثات العضوية تنتج مركبات كيماوية بسيطة منها ثـــانى أكسيد الكربون والذى يذيب أملاح الحديد والمنجيز والكالسيوم والمغنســيوم التــى تكون فى شكل مركب الكربونات الغير مذاب وتحولها الى مركـــب البيكربونـــات المذاب فى الماء وذلك طبقا لنوع التربه الحاملة للمياه الجوفية. ففى التربة الجيريــه تظهر أملاح العسر من الكالسيوم والمغنسيوم أما التربة من الحجر الرملى والتربــة الطفليه فتظهر أملاح الحديد والمنجيز. وقد تتخلص المياه السطحيه أثناء رحلتها الى الخزان الجوفى من بعض العناصر الثقيله المذابة المســببة للامــراض وتســتبدلها بعناصر أخرى من أملاح التربة الغير ضارة وذلك بطريقة التبادل الأيونى.

الماء هو السائل البيولوجى الأول فهو يسهل تفاعلات تحول الطعام الى طاقـــة وخلايا جديدة. وهو كذلك وسيلة انتقال الملوثات من والى جسم الإنسان وهو المجال الذى يعمل بتبريد الجسم من خلال الشهيق والزفير والعرق. الماء هو الــذى يقــوم بدور كبير فى عملية التمثيل الضوئى حيث يتحد الماء مع ثانى أكســيد الكربــون، باستخدام طاقة الشمس مكونا المادة الكربوهيدراتية فى النباتـــات الخضــراء مـــع انطلاق الأكسجين فى نفس الوقت بما يحافظ على مستوى الأكســجين فــى الجــو لتعويض المستهلك بواسطة كل الكائنات الحية، وفى نفس الوقت خفض ثانى أكيـــد

الكربون الموجود فى الجو بما يحد من التلوث الجوى الناتج عن انبعاثات هذا الغاز نتيجة احتراق المواد الكربونية، وعملية التمثيل الكلورفيللـــى هــذه توفــر كذلــك الأكسجين المذاب فى المسطحات المائية لتعويض الأكسجين المستهلك فى عمليــات التحلل البيولوجى للمواد العضوية وبذا يسهل عملية المعالجة الذاتيـــة للمســطحات المائية وكذلك المحافظة على حياة الكائنات المائية. واذا كانت المياه هى الأســـاس فى حياة الانسان بالاضافة الى ما توفــره كمصدر للاستمتاع والرياضة والترفيـــه، إلا أن المياه هى المسببة لمعظم الأمراض وذلك فى حالة تلوث الميـــاة بالكائنـــات الحيه الدقيقة المسببة للأمراض الوبائية أو بالعناصر الثقيلـــة المســببة للأمــراض المزمنة أو بالملوثات الأخرى التى تحد من استســـاغة الميــاه للشــرب أو عــدم صلاحيتها للاستخدام المنزلى، هذا بالاضافة الى أن عدم توفر المياه بالقدر المناسب لأغراض النظافة العامة يسبب أمراض الجلد والعين. واذا كان الهدف هو المحافظة على صحة الإنسان فان مخاطر المياه لاتقف عند تلوث مياه الشرب فقط حيــث ان الملوثات قد تصل الى مصادر غذائه من حيوان ونبات وطيور والتى ترتوى بـــهذة المياه الملوثة ولهذا يبــرز أهمية المحافظة على سلامة البيئية المائية فـــى مصــر سواء بالنسبة للمياه السطحية أو الجوفية وبما يؤدى كذلــك إلـــى خفــض تكـــاليف المعالجة للمياه عند انتاجها لأغراض الشرب والاستخدام المنزلى، وذلك على ضوء زيادة الملوثات بأنواعها المختلفة مع زيادة الأنشطة التنموية والصناعية واســـتخدام المبيدات والكيماويات.

الباب الأول

# المعايير والدلائل للمياة الصالحة للشرب والاستخدام المنزلي

## مقدمة الباب الأول

# المعايير والدلائل للمياه الصالحة للشرب والاستخدام المنزلي

أعدت منظمة الصحة العالمية دليل لجودة مياه الشرب لتحديد المعايير طبقا للأحوال البيئية والاجتماعية والثقافية السائدة فى المجتمع. ويقوم بإعداد هذا الدليل الذي يتم تحديثه كل عشر سنوات برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNED)، ومنظمة العمل الدولية (ILO) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) تحت رعاية البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية (IPCS). والهدف من هذا الدليل هو تقييم أثر المواد الكيماوية على صحة الإنسان والظروف البيئية، مع تقدير حدود التعرض اليومي المقبول والحد الأقصى المسموح به للماء، والهواء، والغذاء، وبيئة العمل لمختلف الكيماويات بما فى ذلك المواد المضافة الى الطعام وكيماويات الصناعة والمواد الطبيعية المسببة للسميه واللدائن (Plastics) والمبيدات. وقد أعدت هذه الدلائل لوصف نوعيه المياه المناسبة للشرب فى مختلف الظروف. على أن تطبق عند وضع المعايير الوطنية طبقا لظروف كل مجتمع. وقد تؤثر الأولويات الوطنية والعوامل الاقتصادية فى تقدير المعايير إلا انه يجب ألا يسمح لاعتبارات السياسة العامة أو الرغبة فى التيسير بأي تهديد للصحة العامة.

إن احتمال التلوث الجرثومي وعواقبه الخطرة يؤكد أهمية مكافحته. وقد يرفض المستهلك مياه الشرب عالية الجودة والخالية من التلوث الجرثومي إذا كانت مرتفعة الملوحة، بينما يفضل عليها المياه التي يستسيغها ولو كانت بها ملوثات جرثومية. وعند اعداد المعايير الوطنية لمياه الشرب يؤخذ فى الاعتبار

المدخول الإجمالي من كل مادة عن طريق الهواء والغذاء والماء بفرض أن الفرد الواحد يستهلك لترين من الماء يوميا وذلك مع الاخذ فى الاعتبار التعرض المهني.

وتشمل القيم الدليلة الملوثات الجرثومية من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض الوبائية، وكذلك الملوثات من المواد العضوية والغير عضوية والتي تسبب زيادتها عن المعايير المقررة أمراض تضعف كفاءة الأداء الفسيولوجي للأعضاء مثل أمراض الكلى والكبد والجهاز الهضمي وخلافه. كما تشمل الدلائل اعتبارات خاصة باستساغة المياه وقابليتها للشرب وصلاحيتها للاستخدام المنزلي وان كانت هذه الاعتبارات ليس لها آثار ملموسة على الصحة العامة. وعند وضع المعايير لمياه الشرب استرشادا بالقيمة الدليلة يجب أن يصاحبها القرارات المتعلقة بكفاءة وضمان تنفيذها. وضع المعايير وإصدار القرارات هي مسئولية وزارة الصحة لما للمياه من أثر كبير على الصحة العامة.

ومن القرارات الهامة هي الموافقة على المصادر الجديدة لمياه الشرب وإنشاء وتشغيل مرافق المياه وعند اختيار مصدر المياه سواء من المجاري السطحية أو من الخزانات الجوفية حيث يلزم التأكد من استمرار الصلاحية وتوفير المياه من المصدر مع التغيرات اليومية والموسمية والزيادة المستقبلية للسكان. وكذلك مدى ملاءمة نوعية مياه المصدر للمعالجة بالطرق التقليدية لتوفير مياه الشرب طبقا للمعايير المقررة. وكذلك حماية المصدر المائي من التلوث بمياه الصرف الصحي والصناعي والزراعي حاليا وفي المستقبل. كما يجب الفحص وعمل التحاليل الطبيعية والبيولوجية والكيميائية لمياه المصدر لمدة مناسبة تغطي الاختلافات الموسمية التي قد تحدث تغير في نوعية المياه.

وفي الأحياء الفقيرة والمناطق العشوائية داخل المدن توجد مشاكل خاصة في الحفاظ على نوعية مياه الشرب، وذلك رغم وجود هذه المناطق والأحياء في نطاق شبكة توزيع المياه أو بالقرب منها، ولكن الكثافة السكانية العالية وعدم توفير التوصيلات للمنازل وتقطع الإمداد وانخفاض ضغوط الضخ في الشبكة والتسرب وعدم وجود شبكة للصرف الصحي. كل ذلك يجعل مياه الشرب معرضة لأخطار التلوث. ولذا يجب أن تعطي هذه المناطق الأهمية الخاصة في الإمدادات بالمياه

الآمنة مع زيادة المتابعة للرصد البيئي والتأكيد على استمرار صلاحية المياه للشرب.

وتعتبر المعلومات عن المصدر وتقنيات المعالجة وشبكة التوزيع وكفاءة القائمين على الصيانة والتشغيل أساسية. وذلك لان التحليل الكيميائي والبيولوجي للعينات يمثل الموقف في لحظة زمنية معينة، وتظهر نتائج التحليل بعد وقوع الحدث. وكثيراً ما يكون التلوث عشوائيا ومتقطعا وقد لا تكتشف العينات التي تختبر طبقا لخطة، حيث تظهر نتائج الاختبارات البيولوجية التقليدية بعد ٢٤ ساعة في حين قد يكون المجتمع خلال هذه الفترة في خطر. ولذلك فإن اختبار الكلور المتبقي (Residual Chlorine) يعتبر تقييم سريع وسهل الإنجاز، كما أنه مؤشر جيد على سلامة المياه في المحطات والشبكات والخزانات من التلوث البيولوجي. الملوثات الكيماوية لا تصحبها في العادة أثار فورية حادة، ولذا فإن ذلك يضعها في مرتبة تالية من حيث الأسبقية للملوثات البيولوجية التي قد يكون لها تأثير فوري وجسيم.

والقيم الدليلة للملوثات الكيميائية تتعلق بمستوى متوسط من التعرض فالزيادة العارضة القليلة تعتبر مقبولة. ويلزم دائما اتخاذ إجراء فوري إذا كانت هناك شواهد على تلوث مياه الشرب بالصرف الصحي. وفي هذه الحالة يكون الأمر بغلق مصدر المياه مع توفير مصدر بديل لحين عمل الإصلاحات اللازمة. وفى حالة عدم توفر البديل تعطى التعليمات المشددة للمستهلكين بغلي الماء، مع البدء فى زيادة الكلور للمياه المعالجة الخالية تماما من العكارة، حيث المياه العكرة المكلوره تمثل خطراً جرثومياً نظراً لعدم كفاءة الكلور فى قتل الكائنات الحية الدقيقة التي تختبئ فى المواد الصلبة العالقة (العكارة).

وقد أصدرت وزارة الصحة القرار رقم ١٠٨ لسنة ١٩٩٥ بشأن المعايير والمواصفات الواجب توافرها فى المياه الصالحة للشرب والاستخدام المنزلي والتي أقرتها اللجنة العليا للمياه فى ١٩٩٥/٢/٢٦ استرشادا بالقيم الدليلة لمنظمة الصحة العالمية والتي تشمل الخواص الطبيعية والمحتوي من المواد العضوية والغير عضوية والكائنات الحية والتي لها تأثير على صلاحية المياه للشرب والاستخدام المنزلي.

# القسم الأول

# الخواص الطبيعية لمياه الشرب والتى تشمل اللون، الطعم، العكارة، الرقم الهيدروجينى ودرجة الحرارة

## ١-اللون :

ويرجع اللون إلى التلوث بالمواد العضوية أو الغير عضوية. والألوان من المواد المذابة لا يمكن التخلص منها بالترشيح أما الألوان الناتجة عن المواد العالقة (مثل أملاح الحديد والصدأ) فيمكن إزالتها بالترسيب والترشيح. والألوان التي لا تزال في المرشحات الرملية مثل تلك الناتجة عن المواد العضوية المذابة في الماء يمكن أزالتها باستخدام الفحم المنشط عند إضافته للوسط الترشيحى، أو عند إضافة بودرة الفحم المنشط في مرحلة المعالجة باستخدام المروبات وخاصة عندما تكون عكارة المياه منخفضة. وحدود القياس للون هو ٢-٣ كحد أقصى بمقياس الكوبالت البلاتين.

## ٢-الطعم والرائحة :

طعم المياه هو الإحساس الناتج عن التفاعل بين اللعاب والمواد المذابة في الماء. وعند تذوق الماء تنشط حاسة التذوق والشم، ومن الصعوبة التفريق بينهما. ولذلك فإن كثيرا ما يصنف التأثير المشترك للطعم والرائحة على أنه الطعم. وعند تقييم جودة مياه الشرب يعتبر إحساسا الطعم والرائحة مكملين لبعضهما البعض.

ويمكن القول بصفة عامة أن حاسة الطعم تفيد في الكشف عن الملوثات الغير عضوية في مياه الشرب بينما حاسة الشم تفيد في الكشف عن الملوثات العضوية. والماء المحتوي على أملاح بتركيزات أعلى أو اقل من تلك الموجودة في اللعاب تستشعر حاسة التذوق بأنه مختلف عن اللعاب، ولذا فإن الماء المحتوى على تركيزات قليلة من الصوديوم، الكلوريد، الكالسيوم، البيكربونات يبدو بدون طعم. والكلور المتبقي قد يخفى طعم الماء حيث يزداد الإحساس بحقيقة الطعم مع إزالة الكلور المتبقي كيميائيا. لذلك ينبغي أن يكون تركيز الكلور المتبقي (الحر) عند صنبور المستهلك منخفضا بقدر كاف لتجنب مشكلات الطعم والرائحة وفي الوقت نفسه عاليا بما يضمن خلو المياه من الجراثيم. وتضفي كثيرا من المواد الغير عضوية الذائبة في الماء طعما منفرا بتركيزات اقل من تلك التي تحدث تأثيرات سامه، ولحسن الحظ فان معايير الطعم للمواد الغير عضوية اقل بكثير بوجه عام من التركيزات المسببة للأضرار الصحية.

وفى حالة وجود طعم منفر للمياه قد يدفع المستهلك إلى مصادر بديلة والتي قد تخضع أو لا تخضع إلى نفس درجة الحماية الجرثومية للمياه المرفوضة وقد تدل التغيرات قصيرة الأجل فى الطعم على حدوث تغير فى نوعية مياه المصدر أو قصور فى عمليات المعالجة أو التآكل الكميائى للمواسير أو نمو وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة فى شبكة التوزيع أو الخزانات العلوية أو الأرضية أو المنزلية.

ومشاكل الطعم فى الماء قد تكون بسبب الأملاح الكلية المذابة وكذلك بسبب وجود الحديد والمنجنيز والزنك. المياه المحتوية على أملاح كلية مذابة اقل من ١٢٠٠ مليجرام /لتر يعتبر مقبولا للشرب ولو أنه من المفضل ألا يزيد عن ٦٥٠ ملجرام / لتر. وتوجد أملاح معدنية لها تأثير واضح على الطعم مثل كلوريد المغنيسيوم وبيكربونات المغنيسيوم ولكن الكبريتات مثل كبريتات المغنسيوم والكالسيوم ليس لها تأثير على الطعم. وقد يكون الطعم والرائحة بسبب تلوث المياه بالمواد العضوية المصنعة مثل رابع كلوريد الكربون وثنائى وثلاثى الكلوروإيثيلين ويظهر طعم الكلور فى الماء عند تركيز ٢ مليجرام / لتر فى المجال المتعادل والكلورامين عند تركيز ٠,٤٨ مليجرام /لتر. الكلور الحر يمكن أن يتفاعل مع

المواد العضوية مسببا مشاكل الطعم والرائحة واشدها تأثيرا هو التفاعل بين الكلور والفينول كما أن الترايها لومثيان يمكن كشفه بالرائحة عند تركيز ٠,١ مليجرام /لتر للكلوروفورم، ٠,٣ مليجرام/لتر للبروموفورم. والفلوريدات تعطى طعم خاص عند تركيز ٢,٤ مليجرام /لتر ويعتبر تحلل النباتات ونشاط البكتريا من اكثر العوامل المسببة للطعم والرائحة للمياه من المصادر السطحية. واكثر الكائنات المسببة للطعم والرائحة هى الطحالب والفطريات وأنواع من البكتريا والبروتوزوا. فى المياه الجوفية وبعض شبكات التوزيع يحدث مذاق سيئ نتيجة تحلل أملاح الكبريتات بفعل البكتريا اللا هوائية إلى كبريتيد الهيدروجين.

## ٣- العكارة واللون :

يعتبر مظهر المياه من عوامل قابليتها للمستهلك وكذلك يعتبر المستوى المنخفض للون والعكارة هام لكثير من الصناعات. المياه المرشحة لها قيمة دليلة للون ٣-١٥، ومقياس عكارة من صفر إلى واحد بمقياس الكدر (NTU Nephelometry) ومصدر اللون فى المياه يمكن أن يشمل الأيونات المعدنية الطبيعية وكذلك الرقم الهيدروجينى المنخفض الذى ينشط التآكل الكيميائى للمواسير والأوعية والخزانات الأسمنتية ومواسير الاسبستوس والمونة الأسمنتية المبطنة لمواسير الزهر. الرقم الهيدروجينى المتعادل ما بين ٦,٥ الى ٨,٢ يساعد على نشاط البكتريا المؤكسدة للحديد وغيرها. وسبب العكارة فى الماء هو وجود أجسام عالقة مثل الطمى والأجسام الغروية (Colloidal) والكائنات المجهرية الأخرى. والعكر تعبير عن خواص تشتيت الضوء وامتصاصه فى عينة من الماء. يمكن استعمال خمسة طرق لقياس العكر للماء إلا أن اثنان هما اللتان يشكلان أساس طرق المعايرة الحالية وهما قياس الكدر Nephelometry وقياس العكر Turbidimetry وقد استخدمت شمعة جاكسون أو (أنبوبة جاكسون) وهى قيمة تستند على القياس فى وعاء مدرج خاص بالعمق للعينة الذى يخفى صورة شمعة عيارية عمودية على السائل فى وعاء مدرج ويتم الملاحظة للعينة عموديا حتى إختفاء صورة الشمعة وقد استبدلت الشمعة بمصباح كهربائى له شدة استضاءة معينة ويتراوح حجم الجسيمات المسببة للعكر فى الماء ما بين ١٠ نانو متر للأجسام الغروية

(Colloidal) إلى حوالى ٠,١ مليمتر ويمكن أن يحدث العكر العضوى نتيجة تراكم الكائنات المجهرية مثل نمو الطحالب ذات اللون الأخضر المائل إلى الزرقة والذى يجعل شكل المياه غير مقبول كما أن نواتج التآكل من مسببات العكارة.

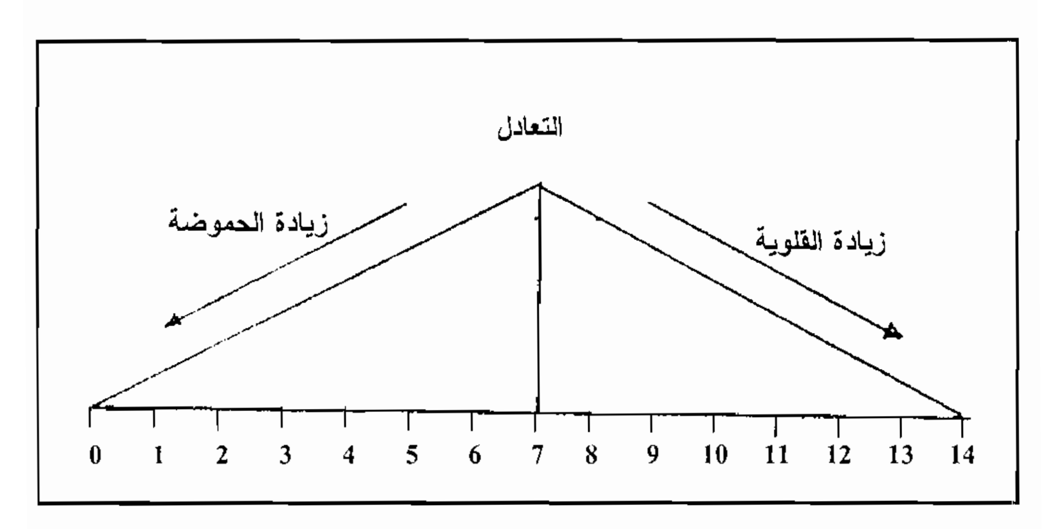
وللعكارة علاقة بجودة وصلاحية المياه للشرب حيث يمكن أن تكون العكارة غذاء للكائنات الجرثومية وحمايتها أو تكون سببا فى عدم إمكان الكشف عنها. وتساعد العكارة على نمو وتكاثر الكائنات الجرثومية ولقد إتضح أن طمى الأنهار يمتز الفيروسات بسهولة. فى عمليات المعالجة لمياه الشرب باستخدام الترويب فان الجراثيم والفيروسات تعلق بالزغبات (Floc's) المتكونة وتزال مع العكارة سواء كانت عضوية أو غير عضوية أو من الكائنات الدقيقة التى يمكن أن تحمى الجراثيم والفيروسات من فعل المطهرات باستخدام الكلور مع زمن مكث قدره ٣٠ ث ووجود كلور متبقى بين ٠.١ إلى ٠,٥ مليجرام /لتر. ولهذا لا يمكن جعل المياه آمنة للشرب إلا بعد إزالة العكارة فى مراحل الترويب والترسيب والترشيح قبل الكلورة. العكارة كذلك تحمى الكائنات الجرثومية من التطهير باستخدام الأشعة فوق البنفسجية لهذا فإنه لإنتاج مياه الشرب الآمنة باستعمال المطهرات من الكلور أو خلافه المحافظة على مستوى منخفض من العكارة اقل من واحد بمقياس الكدر (Ntu).

## ٤- الرقم الهيدروجينى: pH Value

الرقم الهيدروجينى لكيان مائى هو قياس للتوازن الحمضى القلوى الذى تحققه مختلف المركبات المذابة فيه وقيمة الرقم الهيدروجينى اقل من ٧ تبين الحالة الحامضية والأكثر من ٧ تبين الحالة القلوية والقيمة ٧ للرقم الهيدروجينى تبين حالة التعادل بين الحموضة والقلوية (الشكل ١).

والرقم الهيدروجينى لمعظم المياه الطبيعية بحكمه التوازن بين مسببات الحموضة (ثانى أكسيد الكربون) ومسببات القلوية (البيكربونات و الكربونات) وتوازنات أخرى والتى تتأثر جميعها بدرجة الحرارة (يحدث انخفاض فى الرقم الهيدروجينى قدره ٠,٤٥ كلما ارتفعت درجة الحرارة ٢٥°م). ويتغير تأثير درجة

الحرارة فى الماء المحتوى على قدرة درىء (Buffering Capacity) نتيجة وجـــود أملاح البيكربونات. ويقع الرقم الهيدروجينى لمعظم المياه العزبـــه الطبيعيـــة فـــى المجارى السطحية ما بين ٦,٥ – ٨,٥. أثناء معالجة المياه يعمل الكلور على خفض الرقم الهيدروجينى بينما يرتفع الرقم الهيدروجينى عند إزالة عسر المياه باســـتخدام الجير المطفى، الصودا ( Lime / Soda).




**شكل رقم (١) الرقم الهيدروجينى (الحموضة والقلوية) – (pH. Value)**

الرقم الـــهيدروجينى المنخفـض يســاعد علـــى تنشــيط التــآكل الكيميـــائى والكهروكيميائى فى المعادن والسبائك من الحديد/الصلب/الزهر/النحاس حيث ينشـط التآكل كلما قل الرقم الهيدروجينى. وكذلك الرقم الهيدروجينى المنخفـــض (الحالـــة الحامضية) ينشط التآكل الكميائى للمواد الأسمنتية وذلـــك بســبب التفـاعل بيــن الحامضية فى الماء وقلوية الأسمنت التى تبلغ ١٢,٥ (pH=12.5). وزيـــادة الرقـــم الهيدروجينى نحو القلوية حتى رقم الهيدروجينى ٨,٥ يزيـــد مـــن معـدل التـــآكل الكهروكيميائى بسبب زيادة وتركيز الأملاح فى الماء المسببة للقلوية. ومع زيـــادة الرقم الهيدروجينى حتى ١٢,٥ كما فى حالة المونة الأسمنتية تحدث الحماية لمعـدن الحديد الملاصق للمادة الأسمنتية والخرسانية نتيجة تكوين أكسيد الحديديـــك علـــى سطح المعدن الذى لا يذوب ويحمى المعدن ويتوقف التآكل، كما فى حالـــة حديـــد

التسليح فى الخرسانة المسلحة أو طبقة الحماية من المونة الأسمنتية للسطح الداخلى للمواسير من الزهر المرن، وان كان الوصول إلى الرقم الهيدروجينى ١٢,٥ غير وارد فى مياه الشرب والاستخدام المنزلى. المياه التى تميل إلى القلوية تعمل على ترسيب طبقة من كربونات الكالسيوم التى توفر الحماية للسطح الداخلى للمواسير من التآكل وهذه الظاهرة تتوقف على بعض الخصائص للمياه فى المواسير وهى العسر الكلى والقلوية الكلية ومجموع المواد الصلبة المذابة ودرجة الحرارة بالإضافة إلى الرقم الهيدروجينى. حيث أن هذه الخصائص كما يمكن أن تعمل على ترسيب طبقة الحماية يمكن كذلك أن تعمل على إذابة أملاح الكالسيوم من المادة الأسمنتية وإتلافها. العلاقة بين تلك الخصائص تحكمها معادلات تمكن من إستنباط ما تحدثه المياه من الحماية أو التآكل، ومن هذه المعادلات أو المحددات (Parameters) مخطط لانجيلير للتشبع (LSI-Langelier Saturation Index)، مخطط العدوانية (AI–Aggressive Index) ومخطط الثبات لريزز (RSI–Rysnar Stability Index). والمياه التى ترسب كربونات الكالسيوم بسمك ١–٣ مم لتوفير الحماية من التآكل يمكن التحكم فيها باستخدام المخططات المذكورة سابقا بضبط الرقم الهيدروجينى بإضافة الجير أو الصودا أش أو الصودا الكاوية بمعدلات تتراوح ما بين ٥–٢٥ ملجرام فى اللتر، وطبقا لنوعية المياه والرقم الهيدروجينى ودرجة الحرارة.

قد تتعدى المياه مرحلة الترسيب لطبقة الحماية وتحدث ترسيبات وتراكمات بسمك كبير من كربونات الكالسيوم بما يحدث انسداد فى المواسير ويقلل من معدل تدفق المياه ويزيد من جهد الضخ، وقد تصل الحالة إلى الانسداد الكامل للمواسير. وفى مثل هذه الحالات يمكن إزالة هذه الترسيبات باستخدام المثبطات (Inhibitors) من أملاح فوسفات الصوديوم (Polysoduim Phosphate) بتركيز من ٠,٢٥ إلى ٠,٥ ملجرام / لتر، أو خفض الرقم الهيدروجيني بإضافة ثاني أكسيد الكربون. الرقم الهيدروجيني المتعادل يساعد على نشاط البكتريا (ما بين ٦,٥– ٨,٢) ومنها المؤكد للحديد أو المختزل للكبريتات إلى كبريتيد الهيدروجينى ذو الرائحة الكريهة. ولهذا يلزم المحافظة على الكلور الزائد فى شبكة وخزانات المياه لتفادى نشاط هذه الأنواع من البكتريا فى المجال

المتعادل والتى يزداد نشاطها مع ارتفاع درجة الحرارة حيث يبلغ أقصى نشـــاطها عند ٣٧°م ورقم هيدروجينى ٧. وعند إضافة تركيزات عالية من الكلـــور للميــاه المحتوية على النشادر قد تظهر الرائحة الكريهة لمادة كلوريد النيـــتروجين ($CL_3$ - Trichloro Amine) بتركيزات كبيرة عندما يقل الرقم الهيدروجينى عن ٧.

عندما يرتفع الرقم الهيدروجينى تكتسب مياه الشرب طعما لازعا وتزداد كذلـك كثافة اللون وقد أدى هذا التأثير المعروف بتأثير المؤشر الى اقـــتراح ان تجـرى جميع قياسات اللون لضبط جودة المياه عند رقم هيدروجينى ٨,٣. وفعاليه الكلـــور فى القضاء على الجراثيم تقل مع ارتفاع الرقم الهيدروجينى وذلك نتيجة الانخفـاض فى تركيز حامض الهيبوكلورس (HOCL) ذو الأثر الفعال فى التطهير مع زيـــادة القلوية بارتفاع الرقم الهيدروجينى. الرقم الـــهيدروجينى ليـس لـــه تـــأثير علـــى المطهرات من الأوزون وثانى أكسيد الكلور ($CLO_2$).

والرقم الهيدروجينى المنخفض يؤثر على تآكل بعض المعادن المسببه للســميه مثل معدن الرصاص والذى كان يستخدم فى المدادات لتوصيل المياه من بريزة خط المياه الى المنازل. والرصاص يتآكل عندما يزيد الرقم الهيدروجينى عـــن ١٢ ولا يتآكل فى حالة وجود أملاح الكربونات والبيكربونات فى مجال رقم هيدروجينى بين ٤–٨. والكادميوم الذى يوجد كمعدن فى سبائك الصلب والنحاس التى تستخدم فـــى محطات وشبكات المياه يتآكل عند رقم هيدروجينى اقل من ٦ ولا يتآكل عند رقـــم هيدروجينى أعلى من ذلك وخاصة ما بين ٩ الى ١٣,٥.

ولاتوجد علاقة مباشرة بين الرقم الهيدروجينى لمياه الشرب وصحة الانســـان وإن كانت العلاقة تخص جوانب متعددة لجودة المياه. والرقم الهيدروجينى له تـــأثير على فعالية مواد التطهير مثل الكلور وعلى مختلف العمليات فى معالجة المياه التـــى تسهم فى ازالة الفيروسات والكائنات الضارة الاخرى. تزداد كفاءة مواد الـــترويب مثل الشبه عند رقم هيدروجينى أقل من ٧ بينما المجال المناسب لإســـتخدام مـــواد الترويب من كبريتات الحديديك او كبريتات الحديدوز هو من ٨,٥ إلى ٩,٥ ولذلـــك تضاف مساعدات الترويب فى الحالة الأولى (عند استخدام الشبة) لخفـــض الرقـــم

الهيدروجينى وفى الحالة الثانية (عند استخدام كبريتات الحديديك والحديدوز) تضاف الصودا الكاوية أو الجير لرفع الرقم الهيدروجينى.

ويمكن القول أن الرقم الهيدروجيني له تأثير غير مباشر على الصحة العامة والقيمة الموصى بها للرقم الهيدروجيني فى مياه الشرب ما بين ٦,٥- ٨,٥ على الرغم بأن بعض المشكلات يمكن أن تحدث فى شبكة التوزيع عندما يقل الرقم الهيدروجيني عن ٧.

## ٥- درجة الحرارة

تؤثر درجة الحرارة على كل جانب من جوانب توزيع ومعالجة المياه وبصفة خاصة معدل التفاعلات الكيميائية الذي يقل مع انخفاض درجة الحرارة. ومياه الشرب الباردة أكثر قبولا وإستساغة من مياه الشرب الدافئة. وكثافة المياه تبلغ أقصاها فى درجة حرارة الغرفة وتقل بالتبريد. والتسخين بزيادة درجة الحرارة يزيد من ضغط بخار المركبات العضوية المتطايرة فى مياه الشرب بما يؤدى إلى ظهور الرائحة. ترتبط العكارة واللون بدرجة الحرارة بشكل غير مباشر فمع ارتفاع درجة الحرارة تقل اللزوجة. وتزداد كفاءة الترسيب والترشيح فى الصيف لتكون أعلا منها في الشتاء. ويتأثر الترشيح عند استخدام الكربون المنشط بدرجة الحرارة فتقل كفاءة الامتزاز (Adsorption) للفحم المنشط كلما زادت درجة الحرارة. وكلما زادت درجة الحرارة قل الرقم الهيدروجينى المناسب للترويب والتزغيب، ولذا لتحقيق الاقتصاد في استخدام المروبات تجرى تجارب تعيين الجرعة بجهاز اختبار القنينة (Jar Test) في درجة حرارة مياه المصدر وليس في درجة حرارة الغرفة. ومع انخفاض درجة الحرارة تقل إمكانية تكوين الزغبات باستخدام المروبات وكذلك متوسط حجم الزغبات. وبصفة عامة فإن ارتفاع درجة حرارة الماء تساعد فى زيادة كفاءة المطهرات لقتل الكائنات الجرثوميه الممرضة، وكذلك تزداد كفاءة ازالة هذه الكائنات العالقة فى عمليات التزغيب والترسيب والترشيح بسبب النقص فى لزوجة المياه. ويقل زمن بقاء الحويصلات وبيض الديدان الطفيليه مع ارتفاع درجة الحرارة، فبيض البلهارسيا يموت بعد ٩ أيام فى درجة حرارة من ٢٩-٣٢° م، وخلال ٣ اسابيع فى درجة حرارة ١٥-٢٤°م خلال ٣ شهور فى

درجة ٥٧ م، ولكن المياه الراكدة تنشط نمو الكائنات المسببة للمضايقة والتى يمكن ان تؤدى الى ظهور طعم ورائحة كريهين. ويزداد معدل تكوين مركب الترايها لوميثان فى مياه الشرب المكلورة مع ارتفاع درجة الحرارة. وزيادة درجة الحرارة تنشط تفاعلات التآكل، ولكن اضافة ايدروكسيد الصوديوم لرفع الرقم الهيدروجينى يؤدى الى خفض هذه الزيادة الى النصف فى نفس نطاق درجة الحرارة. ومع ارتفاع درجة الحرارة يقل الأكسجين المذاب فى الماء وهو عامل هام فى تنشيط التآكل الكهروكيميائى.

وزيادة درجة الحرارة مع انخفاض الرقم الهيدروجينى يعمل على إذابة طبقة الحماية من كربونات الكالسيوم على الجدار الداخلى للمواسير وبالتالى لاتتم ترسيبات جديدة. والجدول (١) يوضح الخواص الطبيعية لمياه الشرب طبقا لدلائل منظمة الصحة العالمية والمعايير التى أصدرتها وزارة الصحة:

**جدول (١) الخواص الطبيعية لمياه الشرب**

| الخاصية | الدلائل التي أعدتها منظمة الصحة العالمية | المعايير التي أصدرتها وزارة الصحة |
|---|---|---|
| **الطعم والرائحة** | مقبول لدى معظم المستهلكين | مقبولان |
| **اللون** | -- | ٢-٣ كحد أقصى بمقياس الكوبالت بلاتين. |
| **العكارة** | ٥ بمقياس NTU و يفضل واحد لضمان كفاءة التطهير | ٥ بوحدات جاكسون أو ما يعادلها للمياه المرشحة ، ١٠ للمياه الجوفية و الخليط |
| **الرقم الهيدروجيني** | ٦,٥ -٨,٥ | ٦,٥-٩,٢ |

# القسم الثانى

# المواد الغير عضوية فى مياه الشرب ذات التأثير على الأستساغة أو الاستخدام المنزلى والتى لا تأثير لها على الصحة العامة

## ١- الأملاح الكلية المذابة عند ٣٠°م

المياه ذات المحتوى العالي من الأملاح الكلية المذابة تكــون اقــل استســاغة للمستهلك، وطبقاً لنوع الملح الموجود فى الماء يحدث مذاق لاذع فى حالة أمـــلاح الكبريتات والذي يظهر على مستوى أعـــلا من ٣٠٠- ٤٠٠ ملجـــرام / لـــتر. وتركيز الكلوريدات اكثر من ٢٥٠ ملجرام / لتر يعطى مــذاق مــالح. ولا يوجــد دليل على وجود أضرار صحية فى حالة المياه التى بها أملاح مذابـــة اكــثر مــن ١٢٠٠ ملجرام / لتر ويبدو ان نتائج بعض الدراسات أظهرت ان الأملاح الذائبـــة فى مياه الشرب يمكن أن يكون لها آثار صحية مفيـــدة. قـــرر بريفيلـــد (Breveld) وزملاؤه استساغة مياه الشرب لمستوى مجموع المواد الصلبة المذابة على النحـــو التالي:

ممتاز أقــل من ٣٠٠ ملجرام /لتر
جـــيد بيـــن ٣٠٠-٦٠٠ ملجرام / لتر
مقبول بيـــن ٦٠٠-٩٠٠ ملجرام /لتر
ردىء بيـــن ٩٠٠-١٢٠٠ ملجرام /لتر
غير مقبول أكثر من ١٢٠٠ ملجـــرام / لتر

كذلك فان المياه ذات المستوى المنخفض من الأملاح المذابة غير مستساغة للشرب.

## ٣- الحديد

يأتى الحديد الرابع فى ترتيب اكثر العناصر وفره من حيث الوزن فى القشرة الأرضية. يوجد الحديد فى مياه المجارى السطحية فى شكل ثلاثي التكافؤ الغير مذاب فى الماء أو فى شكل مركب هلامي من الحديد والمواد العضوية. وفى المياه الجوفية قد يوجد الحديد فى شكل ثنائي التكافؤ من أملاح الحديدوز التى تذوب فى الماء. وتزال مركبات الحديد من المياه السطحية العزبة فى مراحل المعالجة بالمرشحات. وقد توجد أملاح الحديد فى المياه بعد المعالجة والضخ فى الشبكة نتيجة تأكل المواسير الحديدية فى شبكة التوزيع المصنوعة من الصلب أو الزهر. ويرجع وجود الحديد فى مياه الآبار الى وجود أملاح الحديديك فى بعض أنواع التربة الحاملة للمياه الجوفية فى شكل غير قابل للذوبان. وعند تحلل بعض الملوثات العضوية من الكائنات الحية الدقيقة أو النباتية لا هوائيا أثناء رحلة المياه الحاملة لهذه الملوثات الى جوف الأرض يكون من نواتج التحلل ثاني أكسيد الكربون. تختزل أملاح الحديديك من الكربونات والأيدروكسيد الغير مذاب الى أملاح الحديدوز القابل للذوبان فى الماء نتيجة تفاعل ثاني أكسيد الكربون مع أملاح الحديديك. وتركيزات الحديدوز فى المياه الجوفيه تترواح مابين ٠,١ ملجرام/لتر الى مايزيد عن ٣٠ملجرام/ لتر. ومركبات الحديدوز المذابة لا لون لها وعندما تتعرض المياة الجوفيه الى الهواء الجوى تتأكد أملاح الحديدوز الى أملاح الحديديك الغير مذابة والتى تعلق بالمياه فى الشكل الهلامى وتعطى المياه اللون الطوبى الأحمر. ويزال الحديد من مياه الآبار فى حالة وجوده بالاكسدة بالتهوية فقط فى حالة التركيز اقل من ٢ ملجرام /لتر. او بالتهوية والكيمياويات المؤكسدة مثل الكلور فى حالة زيادة التركيز عن ذلك، حيث يتحول الحديدوز الى الحديديك الغير مذاب والذى يرسب ثم يتم التخلص منه بالترسيب والترشيح.

ويوجد الحديد بنسب قليلة جدا فى الهواء الجوى. ويختلف محتوى الحديد فى الأطعمة اختلافا كبيرا فمتوسط وجوده فى البقول هو ٢٩,٥ جزء فى المليون، وفى اللحوم ٢٦,٢ جزء فى المليون وهما المصدران الرئيسيان لهذا العنصر أما تركيز الحديد فى معظم الأطعمة الأخرى فهو أقل من ٢٠ جزء من المليون. وقد قدر مدخول الحديد اليومى من الأغذية التقليدية فى الدول المتقدمة من ١٥-٢٠ ملجرام. عادة ماتكون تركيزات-الحديد فى مياه الشرب اقل من ٠,٣ ملجرام / لتر. والمدخول اليومى من الحديد فى الطعام أعلا منه من مياه الشرب. وتختلف تقديرات الحد الأدنى من الاحتياجات اليوميه من الحديد من ٧ الى ١٤ ملجرام حسب السن والجنس. فقد تحتاج النساء الحوامل اكثر من ١٥ ملجرام فى اليوم. ويعتبر ١٠ ملجرام هو متوسط الاحتياج اليومى. ويمتص منه حوال ١٠% والباقى يتخلص منه الجسم مع افرازات العرق والبول والبراز. ويستعمل ٦٠ - ٧٠ % من الحديد الممتص فى انتاج هيموجلوبين الدم، ٥% فى إنتاج اليوجلوبين ويختزن الباقى فى الكبد ونخاع العظام والطحال. ولا توجد مشاكل صحية من تناول الحديد مع الطعام، وان كانت حالات الاستهلاك الطويل للاغذية الحمضية المطهية فى الاوانى الحديدية ينتج منها كميات كبيرة من الحديد مما يوجد حالة تعرف بالصباغ الدموى حيث الاليات المنظمة الطبيعية لاتعمل بكفاءة وفى هذه الحالة يسبب تراكم حديد تلف للانسجة.

ومن الامور المنفرة لوجود حديد فى امدادات مياه الشرب التى لاصلة لها بالصحة العامة وهو المذاق الغير مستساغ للماء واللون المنفر بالاضافة الى ما تحدثه املاح الحديد الهلامية من التصاق بالاوعية والملابس اثناء الاستخدام المنزلى وعادة ما تنشأ مشكلة حديد فى الماء نتيجة تآكل مواسير الحديد فى شبكة التوزيع. وقد يحدث تراكم لنواتج تآكل الحديد فى الشبكة وتعمل على انسدادها وكذلك قد تنشط البكتريا المؤكسدة للحديد بما يضيف ملوثات اخرى لوجود هذه الكائنات وتكاثرها.

ولكل ما سبق فإنه من الحكمة حيثما امكن المحافظة على مستويات الحديد فى مياه الشرب والاستخدام المنزلى دون القيمة ٠,٣ مليجرام / لتر. وقد اجازت معايير

مياه الشرب فى مصر المحتوى من الحديد بحد اقصى ٠,٣ مليجرام / لتر للمياه المرشحة و ١ ملجرام / لتر للمياه الجوفية او الخليط.

## ٣-المنجنيز

مصادر المنجنيز المنقولة بالهواء منتشرة انتشارا كبيرا. وعند وجود المنجنيز فى مجارى المياه السطحية يكون فى شكل مذاب والغير مذاب العالق وكثيرا ما تحتويه المياه بنسبة حوالى ٠,٢ ملجرام / لتر او اقل. وقد تصل الى ١٠ ملجرام /لتر فى المياه الجوفية الحامضية. والمنجنيز يوجد عادة مع الحديد ولكن بتركيزات اقل من نصف تركيزات الحديد. وجود المنجنيز فى المياه العزبة يقترن عادة بالتلوث الصناعى ويختلف محتوى المواد الغذائية من المنجنيز حيث توجد تركيزات منخفضة فى منتجات الالبان من صفر الى ١,٩ جزء فى المليون وفى اللحوم من صفر الى ٠,٨ جزء فى المليون وفى الاسماك من صفر الى ٠,٨ جزء فى المليون ويوجد المنجنيز بتركيز اعلى فى الحبوب والقمح بنسبة من ١,٢ – ٣٠,٨ جزء فى المليون. وفى البندق من ٠,٤الى ٣٥,١ جزء فى المليون وفى الخضروات من ٠,٢ – ١٢,٧ جزء فى المليون. وقد وجدت تركيزات مرتفعة فى اوراق الشاى فيمكن ان يحتوى فنجان شاى على ١,٤– ٣,٦ ملجرام. ويصل المنجنيز الى جسم الانسان عن طريق الاستنشاق وتناول الطعام والماء ولكن الجزء الاكبر يأتى من الاطعمة. ويقدر الاحتياج اليومى من المنجنيز للوظائف الفسيولوجية الطبيعية بمقدار ٣-٥ ملجرام. المنجنيز عنصر ضرورى للانسان والحيوان الا انه لا يمتص سوى ٣% من المنجنيز المتناول والممتص يترك مجرى الدم بسرعة ويتركز فى الكبد. سعة تخزين الكبد للمنجنيز محدودة بحوالى ١-١,٣ جزء فى المليون من الوزن الرطب وعلى الرغم من عدم تأكيد اى اضرار بسبب نقص المنجنيز الا انه من المحتمل وجود علاقة بين نقص المنجنيز وفقر الدم. ويؤدى فقر الدم الى زيادة امتصاص الحديد والمنجنيز ويتناسب تناسب عكسى مع مستوى الكالسيوم فى الغذاء ولكنه يرتبط ارتباطا مباشرا بمستوى البوتاسيوم. درجة ذوبان المنجنيز فى العصارة المعدية منخفض فلا يمتص فى العصارة المعدية سوى ٣-٤ % من القدر المتناول بالفم وينظم المنجنيز أساساً فى الجسم بالإفرازات ويعتبر المنجنيز واحدا

من اقل العناصر سمية ولم تلاحظ اى تـــأثيرات صحيـــة ضـــارة بالانســـان مـــع المستويات التالية من التناول اليومى للمنجنيز.

الطعام ما بين ٢-٧ ملجرام بمتوسط ٣جرام.

الماء ما بين صفر -١ ملجرام بمتوسط ٠,٠٠٥ ملجرام.

الهواء ما بين صفر- ٠,٠٢٩ ملجرام بمتوسط ٠,٠٠٢ ملجرام.

يمكن ان يكون المنجنيز فى مياه الشرب منفرا لعدد من الاسباب التى لاصلـــة لها بالصحة العامة. فعند تركيز ٠,١٥ ملجرام /لتر يضفى مذاقـــا كريـــها وغـــير مستساغ كما انه يلتصق بالاجسام المعدنية والغير معدنية والمنسوجات اثناء غسـيلها بالماء والمنجنيز المؤكسد يكون ترسيبات عند تركيز حتى ٠,٠٢ ملجرام / لتر. كما يكون تراكمات فى المواسير كرماد اسود. يساعد المنجنيز على نمو بعض البكتريـــا وتكاثرها بما يحدث تغير فى مذاق ورائحة وعكارة المياه. والمياه المحتوية علـــى اكثر من ٠,٢ ملجرام /لتر غير مرغوبة فى معظم العمليات الصناعية. ويوصـــى بقيمة المنجنيز فى مياه الشرب والاستخدام المنزلى الاتزيد عن ٠,١ ملجرام /لـــتر لتجنب الاثار المترتبة على عدم الاستساغة والترسيب على الاجسام الملاصقة عنـد استخدام المياه فى النظافة. وقد أوصت المعايير المصرية بتركيز ٠,١ ملجرام/لـتر للمياه المرشحه، ٠,٥ ملجرام/لتر لمياه الآبار. المنجنيز ثنائى التكافؤ يــــذوب فـــى الماء ولا يتأكسد بسهولة بالهواء الجوى كما فى حالة الحديد ولكنه يتأكسد بـــالكلور فى المجال القلوى عند رقم هيدروجينى ٩,٥ وبالمبرمنجنات فى المجال المتعـــادل. تزال الرواسب الناتجة عن عمليات الاكسدة بالترسيب والترشيح مع أملاح الحديـــد المرسبة أو فى مرحلة تالية ومنفصلة عنها بعد الأكسدة.

## ٤- النحاس: ١ مليجرام /لتر

يوجد النحاس فى بعض أنواع التربة وكثيرا ما يوجد فـــى الميـــاه الســـطحية. ويتوقف محتوى النحاس فى التربة على عـــدة عوامل مثـــل الموقـــع الجغرافـــي والقرب من المصانع واستعمالات الأسمدة الغير عضويـــة والتـــى تحتـــوى علـــى تركيزات من النحاس تصل من ٠,٠١ الى ٠,٠٥ جزء فى الألف. ويختلف مقـــدار

النحاس الموجود فى الطعام تبعا لمحتوى التربة من النحاس. وعادة مايكون محتوى النحاس فى الأطعمة مثل الخضراوات والدقيق ومنتجات الألبان واللحوم أقل من ۰,۰۱ جزء فى الألف. كذلك تختلف مستويات النحاس فى مياه الشرب من ۰,۰٥ الى ۰,۰۱ مليجرام / لتر. وان كان النحاس يزال فى عمليات المعالجة بالمروبات الا أن تركيز النحاس فى صنبور المستهلك يمكن ان يكون أعلى مما هو فى المياه الخام قبل المعالجة وذلك بسبب تأكل النحاس الذى قد يوجد فى شبكات توزيع المياه والسباكة المنزلية. والماء المخزون فى أوعيه نحاسية يمكنه المحافظة على النوعية الجرثومية دون تدهور. ومركبات النحاس المذاب فى الماء تطفى لوناً وطعماً غير مستساغين لمياه الشرب. والتأثيرات الصحيه للنحاس تتمثل فى دورة فى تكوين كرات الدم الحمراء ونمو الأنسجة والعظام والجهاز العصبي المركزى والنسيج الضام. ولما كان النحاس موزعا توزيعا واسعا فى الأطعمة فإنه من غير المحتمل أن يعانى الانسان من نقص النحاس ربما باستثناء الرضع الذين يقتاتون اللبن وحده. النحاس تابع للحديد فى علاج فقر الدم الغذائى للرضع. ويؤدي تناول الانسان للنحاس بجرعات مفرطة الى تهيج مخاطى شديد وتلف شعري واسع الانتشار وتلف كبدى وكلوى وتهيج فى الجهاز العصبي المركزي يتلوة إكتئاب. كما يمكن ان يحدث تهيج معوى معدى شديد وتغيرات فى الكليتين والكبد. ويندر أن يحدث تسمم للانسان بالنحاس بسبب المفعول المقئ القوى للنحاس. وللنحاس فى الماء مذاق بغيض وغير مستساغ وقابض ويمكن ملاحظة الطعم فى الماء المقطر عند تركيز ۲,٦ ملجرام / لتر. على الرغم من أن وجود النحاس فى إمدادات المياه لا يشكل خطراً على الصحة العامة الا أنه يمكن ان يتداخل مع الاستعمالات المنزلية بما يسببه من لطع زرقاء على الآوانى والملابس الملامسة عند غسيلها. والنحاس فى الماء ينشط تآكل الأوانى المنزلية المصنوعة من الألومنيوم والزنك حيث يتآكل **الأ**لومنيوم والزنك لكونهما أقل فى الجهد من النحاس. وتركيزات النحاس أكثر من ۱ ملجرام /لتر تحدث اللون الأزرق فى الأجسام الملاصقة وهذه هى القيمة التى يوصى بها فى معايير مياه الشرب والاستخدام المنزلى.

## ٥- الزنـك : ٥ مليجرام / لتر

الزنك عنصر موجود فى الطبيعة بوفره وهو يشكل ٠,٠٤ جرام فى كل كيلـو جرام من القشرة الأرضية. أكثر أملاح الزنك شيوعا كبريتيد الزنك والذي يكـون مصحوبا بكبريتيد عناصر فلزية أخرى مثـل الرصـاص والنحـاس والكالسـيوم والحديد. أملاح الزنك قليلة الزوبان فى الماء هى الأكاسيد والكبريتيد والكربونـات. بينما أملاح الزنك القابلة للزوبان فى الماء من الكلوريدات والكبريتات تميـل الـى التحلل لتكوين أيدر وكسيد الزنك وكربونات الزنك. لذلك فانة عادة مايكون تركـيز الزنك منخفضا فى المياه الطبيعية، كما يزيد من نقص مسـتويات الزنـك المـذاب الادمصاص على الرواسب. وقد يكون تركيز الزنك فى ماء الصنبور أعلى بشـكل واضح عن تركيزه فى المصادر العزبة السطحية بسبب تأكل الزنك من المواسـير المجلفنة فى الشبكة والنحاس الأصفر والذى يتكون من ٣٠% زنك٧٠% نحـاس. ويختلف تركيز الزنك فى ماء الصنبور بين ٠,٠١ الى ١ ملجرام / لـتر وللزنـك أهميته الغذائية. أغنى الأطعمة فى الزنك هى اللحوم ونواتج الألبـان كمـا تمثـل الحبوب والبندق مصادر هامة. وفيما يلى محتوى الزنك فى بعض الأطعمة:

* لحم البقر والضأن — ٢٠ - ٦٠ جزء فى المليون.
* اللـبن — ٣ - ٥ جزء فى المليون.
* الأسماك و الأطعمة البحرية — اكثر من ١٥ جزء فى المليون.
* البقول و القمح — ١٥ - ٥٠ جزء فى المليون.
* الخضراوات الورقية والفواكه — أقل من ٢ جزء فى المليون.

والطعام هو المصدر الأكبر لحاجة الإنسان للزنك فـهو عنصـر ضـرورى للإنسان والحيوان. يقدر مدخول الزنك الغذائي الموصى به حسب العمر والجنـس بين ٤ -١٥ مليجرام فى اليوم ويحتاج الحوامل إلى ١٦ مليجرام في اليوم. وقـد لوحظ وجود علاقة بين نقص الزنك بين الشباب في مصر وبطئ النمو والعلامـات الأخرى لعدم النضج بالإضافة الى فقر الدم وربما يكون السبب في ذلك انخفـاض الامتصاص المعوي للزنك. والزنك لا يتراكم في الأنسجة ويمكن اعتبار الزنك غير

سام ومن غير المحتمل حدوث سميه للإنسان بالزنك من مياه الشـرب والمصـادر الغذائية الأخرى العادية.

والجرعات العالية اليومية من الزنك التى تبلـغ ١٥٠ جـرام تتداخـل مـع المدخول اليومى من جرعات الحديد والنحاس ولا توجد مشكلة. كما تقـدم بعـض جرعات الزنك العالية بعض الحماية ازاء التأثيرات السـامة للكـادميوم. وتشـمل أعراض التسمم بالزنك فى الإنسان القيء والجفاف وألام البطن والغثيان والافتقـار إلى التوازن العضلى العصبي. وقد أبلغ عن فشل كلوى حاد سببه كلوريد الزنـك. والزنك يعطى للماء مذاقا قابضا غير مستساغ، بالإضافة الى انه يضيـف عتامـة للماء المحتوى على اكثر من ٥ ملجرام / لتر ويكون طبقة طافية عند غلى المـاء. ولتجنب اى من هذه المشكلات حددت القيمه الدليلـه للزنـك فـى ميـاه الشـرب والاستخدام المنزلى ٥ ملجرام / لتر.

## ٦- العسر الكلي: ٥٠٠ مليجرام / لتر ككربونات كالسيوم

عسر الماء قياس تقليدى لقدرة الماء على التفاعل مع الصابون اذ يتطلب المـاء العسر مقداراً كبيرا من الصابون لانتاج الرغوة. ويرجع وجود ترسـيبات (Scales) فى مواسير السخانات والمراجل الى الماء العسر. ويسبب عسر الماء وجود أيونات العناصر متعددة التكافؤ المذابة فيه مثل الكالسيوم والمغنسيوم كمـا تسـهم كذلـك أيونات الأسترنشيوم والحديد والمنجنيز والباريوم. ويقاس العسـر عـادة بتفـاعل أيونات العناصر متعددة التكافؤ الموجودة فى الماء مع عامل استخلاب (Chelating Agent) مثل مادة EDTA ويعبر عنها بتركيز مكافئ من كربونات الكالسيوم. كمـا يمكن تعيين العسر بتعيين تركيزات مكونات العسر منفردة حيث يعبر عن مجموعها بالكمية المكافئة من كربونات الكالسيوم. وقد صنفت درجة عسر المـاء المسـتخدم للشرب من حيث المكافئ من تركيز كربونات الكالسيوم على النحو التالي.

* **ماء يسر** من صفر – ٦٠ مليجرام / لتر (عسر مقيم ككربونات الكالسيوم).
* **متوسط العسر** من ٦٠ – ١٢٠ ملجرام / لتر (عسر مقيم ككربونات الكالسيوم).
* **عسر** من ١٢٠ – ١٨٠ ملجرام / لتر (عسر ككربونات الكالسيوم).
* **عسر جدا** من ١٨٠ فأكثر ملجرام / لتر (عسر ككربونات الكالسيوم).

وعلى الرغم من ان العسر يسبب الكاتأيونات (Cations) فإنه يناقش كذلك من حيث العسر المؤقت للكربونات والعسر المستديم للغير كربونات (Permenant Non Carbonate Hardness) ويشير العسر المؤقت للكربونات الى مقدار الكربونات والبيكربونات فى المحلول الذى يمكن ترسيبه أو إزالته بغلى الماء. وهذا النوع من العسر هو المسئول عن الترسبات فى مواسير الماء الساخن والغلايات. والعسر المستديم من كبريتات وكلوريدات وسيليكات الكالسيوم والمغنسيوم ونترات الكالسيوم أو أيونات العناصر ثنائية التكافؤ والتى لا تزال بغلى الماء. القلوية هى قدرة الدرء فى الماء (Buffering Capacity) وتربيط ارتباطا وثيقا بالعسر. والقلوية تنتج عادة عن أيون الأيدروكسيد والبيكربونات والكربونات كما تسهم أيونات أخرى إن وجدت مثل البوارت والفوسفات والسيليكات والأحماض العضوية بدرجة صغيرة. ويعبر عن الأن أيونات (Anions) التى تسهم فى قلوية الماء مهما كان نوعها بالكمية المكافئة من كربونات الكالسيوم. وحين تكون قلوية المياه السطحية يسبب وجود كربونات وبيكربونات فإن قيمة القلوية الكلية تكون عادة قريبة من قيمة العسر. والمصدر الرئيس لعسر الماء هو الصخور الرسوبية وعادة ما يوجد الماء العسر فى مناطق بها تكوينات من الحجر الجيرى. المياه الجوفية اكثر عسرا بوجه عام من المياه السطحية. وعادة ما تكون للمياه الجوفية الغنية بحامض الكربونيك (ثانى اكيد الكربون المذاب فى الماء) قدرة على الإذابة للتربة والصخور من الجبس والحجر الجيري والدولوميت والكالسيت. والمصادر الأخرى للعسر هى الصناعات الكيميائية الغير عضوية، حيث يستخدم اكسيد الكالسيوم فى صناعة بعض مواد البناء وإنتاج لب الورق، وتكرير السكر ودباغة الجلود ومعالجة المياه. ويزال العسر من المياه للأغراض الصناعية أو لإنتاج البخار بالمعالجه الكيميائية بطريقة الجير/الصودا (Soda- lime process). او بالتبادل الايونسى. عسر المياه فى المجارى السطحية العذبة عموما يشبه العسر فى مياه الشرب المنقولة بالمواسير إلى المستهلك فى المنازل. يتراوح عسر المياه مابين ١٠٠ ملجرام/ لتر الى ما يزيد عن ٥٠٠ مليجرام / لتر وإن كانت القيمة اكبر من ذلك غير شائعة.

وفى الطعام فان جميع الأطعمة تحتوى على عنصري الكالسيوم والمغنسيوم. الغذاء النمطي يوفر حوالي ١٠٠٠ مليجرام كالسيوم فى اليوم و من ٢٠٠- ٤٠٠

مليجرام ماغنسيوم فى اليوم. وعادة ما يكون المصدر السائد للكالسيوم والمغنيسيوم هو الطعام. وتعتبر منتجات الألبان مصدرا غنينا للكالسيوم أما المغنيسيوم فانه اكثر إقترانا باللحوم والمواد الغذائية ذات الأصل النباتي. على الرغم من إن الهواء والتعرض المهنى وتدخين السجائر يمثل مدخلا لتعرض الإنسان إلا أن إسهاماتها قليلة جدا مقارنة بالطعام. الطعام والماء هما المصدران الأساسيان. ويمثل الإسهام النموذجى للماء بالنسبة للمدخول الكلى من الكالسيوم حوالى ٥ –٢٥ % وللمغنيسيوم حوالى من ٥ – ٢٠ %.

ومن ناحية الأثر الصحي فهناك شواهد حول زيادة العسر فى مياه الشرب وزيادة حالات الحصوات البولية وكذا الوفيات بالسكتة القلبية وأمراض الأوعية الدموية إلا إن نتائج تأكيد هذه الدراسات لم تحسم حتى الأن، وقد إفترض ان الماء اليسر هو الذي يسبب المرض نظرا لانه يساعد على التآكل فى المواسير ووصول الملوثات من نواتج التآكل الضارة مثل الرصاص والكادميوم. وعموما مازالت الدراسات التى تقوم بها منظمة الصحة العالمية حول الأثر الصحي لعسر الماء والتى لم يتأكد أى منها حتى الان وقد أعطيت قيمة دليله للعسر الكلى ٥٠٠ مليجرام / لتر ككربونات كالسيوم. للكالسيوم ٢٠٠ مليجرام / لتر و للمغنسيوم ١٥٠ مليجرام / لتر. ومعايير العسر التي أصدرتها وزارة الصحة هى ٥٠٠ مليجرام / لتر. وعلى الرغم من ان ٢٠-٣٠% من الكالسيوم والمغنيسيوم فى الغذاء يتم إمتصاصه إلا أنه لم يتأكد حتى الان قدر الامتصاص لهذه العناصر من مياه الشرب.

## ٧ - الكبريتات : ٤٠٠ مليجرام / لتر

معظم الكبريتات تذوب فى الماء باستثناء كبريتات الباريوم والرصاص والاسترينشيوم ويمكن أن تختزل الكبريتات الى الكبريتيد وتتطاير فى الهواء على هيئة كبريتيد الهيدروجين ($H_2S$) أو ترسب كملح كبريتيد غير مذاب. وتصل الكبريتات الى البيئة المائية من مخلفات الصناعات المختلفة. ويساعد على احتواء الماء من الكبريتات ثانى اكسيد الكبريت الناتج عن احتراق الوقود من الفحم

الحجري أو من بعض العمليات فى الصناعات المعدنية والذى يتأكسد الـــى ثـــالث أكسيد الكبريت الذي يتحد مع بخار الماء فى الجو مكونا حامض الكبريتيك ويتساقط كمطر حامضى الذى يتفاعل مع المواد العالقة ليكون أملاح الكبريتـــات. وتركـــيز الكبريتات فى معظم المياه العزبة منخفض جدا ويتراوح مابين ٢٠ إلى ٥٠ جـــزء فى المليون. ويمكن ان تضيف كبريتات الألومونيوم (الشبة) او كبريتات الحديديـــك او الحديدوز من ٢٠ الى ٥٠ جزء فى المليون الى المياه المعالجـــة. والكبريتـــات لاتزال من الماء بالطرق التقليدية لمعالجة المياه. وقد يبلغ / تركيز الكبريتات فـــى المياه المعدنية المعبأة فى زجاجات الى ٢٥٠ مليجرام / لتر او تزيـــد. والمدخـــول الغذائي اليومي من الغذاء شحيح حيث يبلغ فى المتوســـط ٤٠٠ جـــرام. وجرعـــة الكبريتات من ١ – ٢ جرام لها تأثير مسهل للإنسان. ويـــؤدى تركـــيز كبريتـــات المغنيسيوم ١٠٠٠ مليجرام / لتر إلى الإسهال فسيولوجيا للشخص العادي والتركـيز الأقل من ذلك غير ضار فسيولوجيا. والشخص الحساس يستجيب لمســتويات مـــن كبريتات المغنيسيوم ٤٠٠ مليجرام / لتر ويتكيف الجسم البشرى بمرور الوقت مـــع التركيزات العالية من الكبريتات فى مياه الشرب. وتركيز الكبريتات الذي يؤثر على الاستساغة والمذاق لمياه الشرب هـــو ٢٠٠ – ٥٠٠ مليجـــرام/ لـــتر لكبريتـــات الصوديوم، ٢٥٠– ٩٠٠ مليجـــرام / لـــتر لكبريتـــات الكالســـيوم، ٤٠٠ – ٦٠٠ مليجرام/لتر لكبريتات المغنسيوم. واقترحت تركيزات الكبريتات فى المياه الشـــرب لتكون ٤٠٠ مليجرام/لتر استنادا إلى المحافظة على الاستساغة والمـــذاق وتجنبـــا لتأثيرها المسهل.

المياه المحتوية على أملاح الكبريتات بتركيز اكثر من ٣٠٠ مليجرام / لتر قـــد تختزل هذه الكبريتات فى حالة نقص الاكسجين المذاب فى الماء عن ٠,١ مليجـــرام /لتر والذى يساعد على نشاط البكتريا اللاهوائية المختزله للكبريتات وتكون نواتـــج الاختزال هى كبريتيد الهيدروجين الذى يذوب فى الماء محدثا تغير غير مقبول فـــى رائحة وطعم المياه. وعند توفر الأكسجين بعد ذلك يتحول كبريتيد الهيدروجين الـــى حامض الكبريتيك الذى يسبب التآكل للمواسير المعدنية والاســـمنتية. ولـــهذا يلـــزم المحافظة دائما على وجود الاكسجين فى الماء من خلال المحافظة على معدل ثابت لتدفق المياه فى الشبكة وعدم وجود نهايات ميته أو مياه راكدة فـــى الشـــبكة هـــذا

بالاضافة الى اهمية وجود الكلور المتبقى فى الشبكة ما يوفر قدر لايقل عن ٠,١ مليجرام / لتر كلور متبقى فى صنبور اخر مستهلك فى الشبكة. وهذا الكلور المتبقى يضمن القتل للكائنات الجرثومية وكذلك انواع البكتريا المختزلة للكبريتات. كما يلزم المحافظة على نظافة خزانات المياه من الاتربه والأجسام العالقة والملاصقة لجسم الخزان والتى تعلق بها البكتريا وتختبىء بما يقلل من تأثير الكلور فى التخلص منها. ونسبة ٣٠٠ مليجرام /لتر من الكبريتات فى التربة الرطبه تشكل مجال عدوانى اكيد لإفتقار التربة للاكسجين (التربة الطينية والطفليه) بما ينشط البكيريا المختزلة لكبريتات وتسبب التآكل للمواسير.

## ٨- الكلوريدات : ٥٠٠ جزء فى المليون

توجد الكلوريدات على نطاق واسع فى الطبيعة وتكون عادة فى شكل كلوريد الصوديوم وكلوريد البوتاسيوم وكلوريد الكالسيوم. والكلوريدات تشكل ٠,٠٥ % تقريبا من اليابسة والنسبة الكبيرة من كلوريدات البيئة توجد فى المحيطات. ويرجع وجود الكلوريد فى الماء الى إذابة رواسب الملح والتلوث الناتج عن الصناعات الكيميائية ومياه الصرف الزراعى والصحى وتسرب مياه البحر فى المناطق الساحلية. ويمكن ان تتلوث المياه السطحية والمياه الجوفية لسهولة حركة ايونات الكلوريدات بما يمكنها من الانتقال الى قاع الخزانات الجوفية. والكلوريدات فى المياه السطحية منخفضة التركيز حيث يمكن ان يصل تركيزها الى أقل من ٥٠ مليجرام / لتر فى المياه الغير ملوثه بينما قد تصل الى ١٠٠٠ مليجرام/لتر فى مياه الصرف الملوثة. وتوجد الكلوريدات فى الأطعمة ذات المنشأ النباتى والحيوانى بمستويات تقل عادة عن ٣٦٠ جزء فى المليون. ويمكن ان يزيد اضافة الملح الى الطعام من مستوى الكلوريدات بشكل واضح. ومدخول الكلوريد اليومى يسبب اضافة الملح الى الطعام من ٦ -١٢ جرام بينما مدخول الكلوريد من مياه الشرب١٠٠ مليجرام تقريبا فى اليوم اما المدخول من الهواء فإنه لايذكر. والكلوريدات تسهم بشكل كبير فى النشاط الاسموزى (التناضحى) للسائل خارج الخلايا حيث يوجد ٨٨% من كلوريد الجسم خارج الخلايا. ويحتوى جسم الشخص

العادى الذى يزن ٧٠ كجم على ٨١،٧ جرام تقريبا من الكلوريد، ٤٥ لـــترا مــن الماء. وامتصاص الكلوريد يكاد يكون كاملا فى جسم الإنسان.

من الضرورى ان يكون المدخول الغذائى اليومى من الكلوريــدات حوالــى ٩ مليجرام لكل كيلو من وزن الانسان بما يعادل ٦٣٠ مليجرام للشخص الــذى يــزن ٧٠ كيلو جرام وبما يعادل أكثر من جرام واحد للشخص العادى فى اليوم.

يبلغ حدود المذاق المستساغ لكلوريد الصوديوم ٢١٠ مليجرام / لتر ولكلوريــد البوتاسيوم ٣١٠ مليجرام / لتر ولكلوريد الكالسيوم ٢٢٢ مليجرام / لـــتر. ويتــأثر مذاق القهوة بصفة خاصة إذا أعدت بماء بــه ٤٠٠ مليجــرام / لتـــر ككلوريــد صوديوم او ٥٣٠ مليجرام / لتر ككلوريد كالسيوم. وعمليات المعالجة التقليديـــة لا تزيل أيونات الكلوريد من الماء وعلى الرغم من ان مقدار الكلوريد المتناول يوميــا من مياه الشرب لايمثل سوى نسبة قليلة من مجموع المدخول اليومي. فانه يوصـــى بقيمة دليله مقدارها ٢٥٠ مليجرام / لتر استنادا الى اعتبارات المؤثرات العضويـــة. وتشكل الكلوريدات في الماء عدوانية على المواسير المعدنيـــه وخاصـــة الصلـــب والزهر في حالة زيادة الكلوريدات عن ٦٠٠ جزء فى المليون حيث تسبب التـــآكل الثقبى. والكلوريدات توفر الحماية من التآكل للمواسير الخرسانية.

## ٩- الصوديوم: ٢٠٠ مليجرام / لتر

نتج عن زيادة تلوث المياه السطحية والجوفية خلال العقــود الماضيـــة زيـــادة ملموسة فى محتوى مياه الشرب من الصوديوم. كما يمكن ان تســـهم فــى زيـــادة مستويات الصوديوم فى مياه الشرب عمليات المعالجة لازالة العســـر مـــن الميـــاه باستخدام الصودا آش، وكذلك تلوث مصادر المياه بمياه الصرف المحتويـــه علـــى كبريتات الصوديوم من صناعات الأصباغ والألوان ولب الورق والورق وصناعات أخرى كثيرة تحتوى مخلفاتها على تركيزات متزايده من الصوديوم. كما يســـتخدم ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) فى كثير من الصناعات الغذائية والأطعمـــة وفـــى تعبئة اللحوم وصناعات الألبان والأسماك. الصوديوم هو اكثر العنـــاصر القلويـــة وفرة. تحتوى التربة على الصوديوم فى الحدود ١-١٠ جرام/ كيلو جرام فى شـــكل

أملاح سيليكات الصوديوم مثل الفيلدسبار. و بعض الخزانات الجوفية تحتوى على تركيزات عاليه من الصوديوم بما يزيد من ملوحتها وذلك فى التربة الحاملة الملحية نتيجة شدة زوبان أملاح الصوديوم فى الماء. ويوجد فى المجارى السطحية العزبة بنسب تتراوح مابين ١٠– ١٣٠ مليجرام / لتر. ويوجد الصوديوم فى جميع الأطعمة وفى تجهيز الطعام، فالبازلاء الطازجة تحتوى على ٩ مليجرام صوديوم فى الكيلو جرام بينما تقل هذه النسبة فى المعلبة والجافة. وتحتوى الخضروات والفواكة الطازجة على نسب ما بين ٠,٠١ – ١ جرام / كيلو جرام. وتحتوى الحبوب وأصناف الجبن على ما بين ١٠–٢٠ جرام / كيلو جرام. ويتحقق ضبط توزان الماء والصوديوم من خلال سلسلة من العمليات المعقدة حيث يتم الحفاظ بفقد الصوديوم وليس بضبط امتصاصه خلال الأمعاء. ونظرا لأن الجسم يقوم بضبط مستويات الصوديوم فإنه لا يعتبر عنصر حاد السمية. وتشمل أعراض التسمم بالصوديوم التأثير العمومي للجهاز العصبي المركزي وزيادة الحساسية. وهناك دراسات تبين وجود علاقة بين مدخول الصوديوم وارتفاع ضغط الدم فى الانسان ويؤكد هذا أطباء القلب وأن كان هناك دراسات تخالف ذلك. ويعتبر مدخول الصوديوم اليومى ١,٦– ٩,٦ جرام عموما لا يحدث اى تأثير ضار على صحة الإنسان. و لضمان ان تكون مياه الشرب مستساغة بالنسبة لغالبية المستهلكين فإنه ينبغى أن يكون تركيز الملح فى الماء مقارباً لتركيز الملح فى اللعاب والذى يبلغ فى المتوسط ٣٠٠ مليجرام / لتر. ويعتمد حدود الطعم والإستساغة لأملاح الصوديوم فى مياه الشرب على الآن أيونات (Anions) ودرجة حرارة الماء. كربونات الصوديوم هى صاحبه أدنى مستوى تركيز بالنسبة للإستساغة، فعند درجة حرارة الغرفة تكون فى حدود ٢٠ ملجرام / لتر، لكلوريد الصوديوم ١٥٠ مليجرام / لتر، لنترات الصوديوم ١٩٠ مليجرام / لتر، لكبريتات الصوديوم ٢٢٠ مليجرام / لتر، لبيكربونات الصوديوم ٤٢٠ مليجرام / لتر. والقيمة الدليلة الموصى بها هى ٢٠٠ مليجرام / لتر والتي تستند الى حدود المذاق والاستساغة وليس الى اعتبارات صحية. وإذ كانت جمعية القلب الأمريكية قد أوصت بتركيز ٢٠ مليجرام / لتر مما يتطلب معالجات خاصة للمياه من المجارى السطحية العزبة مثل إزالة الملوحة،

حيث اعتبر من المواد ذات الأثر بالصحة العامة وليس ذات الأثر بالاستساغة كما أوصت به منظمة الصحة العالمية.

## ١٠- الألومنيوم: ٠,٢ مليجرام / لتر

توجد مركبات الألومنيوم بوفرة فى الطبيعة وكثيرا ما توجد فى الماء. وتستخدم مركبات الألومنيوم على نطاق واسع فى معالجة مياه الشرب بالمرشحات لإزالة المواد العالقة والعكارة. ومدخول الألومونيوم من الماء صغير إذا قورن بمدخوله من الطعام. ويزيد الألومونيوم فى الماء من تغير لون المياه فى شبكة التوزيع اذا زاد مستوى الألومونيوم عن ٠,١ مليجرام /لتر من المياه المعالجة ولهذا يوصى بقيمة دليلة فى مياه الشرب لا تزيد عن ٠,٢ مليجرام/ لتر إستناداً الى اعتبارات خاصة بقابلية واستساغة المياه للشرب. الالومينيوم موزع على نطاق واسع فى الطبيعة حيث يدخل فى تكوين جميع انواع التربة والنباتات وانسجة الحيوان ونتيجة لهذا يوجد الألومنيوم فى الهواء والطعام والماء سواء الطبيعى منها أو الملوث. وتحتوى المياه الحامضية بشكل طبيعى على مستويات عالية من الألومنيوم. وعلى الرغم من أن عمليات معالجة المياه تترك أقل مقدار ممكن من الألومنيوم فى الماء إلا أن بعضها يبقى فى الماء بكميات تترواح ما بين ٠,١ إلى ٢ مليجرام / لتر وطبقا لكفاءة عمليات المعالجة والترسيب والترشح. ومن مظاهر ضعف الكفاءة لعمليات المعالجة بالمرشحات زيادة الألومنيوم فى المياه المرشحة عن ٠,٣ مليجرام / لتر. وفى شبكة التوزيع ترسب مركبات الألومنيوم وتندمج مع مركبات الحديد والسيلكا محدثة إضطراب فى تدفق المياه فى الشبكة وضعف التصرف بالاضافة إلى التغير فى اللون ومذاق المياه نتيجة إحتواء هذه الرواسب على البكتريا حيث يتعذر عندئذ قتلها بالكلور. وتحدث هذه الظاهرة عند تجاوز تركيز الالومونيوم ٠,١ مليجرام / لتر فى المياه المعالجة.

ولايسهم الألومنيوم فى مياه الشرب إلا بنسبة صغيرة جدا من المدخول اليومي للإنسان حيث النسبة الأكبر تكون من الطعام. ويقدر المدخول اليومي من الغذاء بـ ٨٠ مليجرام في اليوم، ومن الماء ٤% من المخول اليومي من الغذاء. والالومنيوم

غير ضروري للإنسان فلا تمتص أملاح الألومونيوم عادة في الطعام ولكنها تكون مركبات معقدة مع الفوسفات وتفرغ مع البراز. والاستعمال المزمن لكميات كبيره من الألومنيوم (مثل إيدركوسيد اللألومنيوم المضاد للحموضة) يتسبب في فقد الفوسفات من الجسم بما يعمل على ضعف وألام العظام. والالومنيوم لا يتراكم في الانسجة باستثناء العظام في حين تتراكم مركبات الألومنيوم المستنشقة في شكل غبار في الرئة والعقد الليمفاوية.

وقد اقترن الألومنيوم ببعض الاضطرابات العصبية مثل مرض الزهايمر الذي يصيب كبار السن بفقد الذاكرة، إلا أنة لم يتأكد إذا كان الالومنيوم هو السبب أم أنة عامل مساعد لأسباب اخرى. والقيمة الدليلة الموصى بها لتركيز الألومنيوم لمياه الشرب هى ٠,٢ مليجرام / لتر وان كانت وكالة البيئة الأمريكية قد أوصت بقيمة دليلة ٠,٠٥ مليجرام / لتر لتأكيد أزالة مواد الترويب من الألومنيوم (الشبة) قبل دخول المياة إلى الشبكة.

**جدول (٢) القيم الدليلة والمعايير للمواد غير العضوية ذات التأثير على الاستساعد والاستخدمات المنزلية**

| م | الخاصية | دلائل منظمة الصحة العالمية | المعايير التى أصدرتها وزارة الصحة |
|---|---|---|---|
| ١ | الأملاح الكلية المذابة | ١٠٠٠ مليجرام / لتر | ١٢٠٠ مليجرام / لتر |
| ٢ | الحديد | ٠,٣ مليجرام / لتر | ٠,٣ مليجرام/لتر للمياه المرشحة، ١مليجرام/ لتر لمياه الآبار |
| ٣ | المنجنيز | ٠,١ مليجرام / لتر | ٠,١ مليجرام للمياه المرشحة |
| ٤ | النحاس | ١ مليجرام / لتر | ١ مليجرام / لتر |
| ٥ | الزنك | ٥ مليجرام / لتر | ٥ مليجرام / لتر |
| ٦ | العسر الكلى | ٥٠٠ مليجرام/ لتر. | ٥٠٠ مليجرام/ لتر |
| ٧ | الكالسيوم | --- | ٢٠٠ مليجرام /لتر |
| ٨ | المغنيسيوم | --- | ١٥٠ مليجرام/ لتر |
| ٩ | الكبريتات | ٤٠٠ مليجرام /لتر | ٤٠٠ مليجرام /لتر |
| ١٠ | الكوريدات | ٢٥٠ مليجرام/ لتر | ٥٠٠ مليجرام/ لتر |
| ١١ | الألومنيوم | ٠,٢ مليجرام / لتر | ٠,٢ مليجرام / لتر |

# القســـم الثالث

# المواد الغير عضوية ذات التأثير على الصحة العامة

## ١- الرصاص : ٠,٠٥ مليجرام / لتر :

يوجد الرصاص فى الطبيعة ضمن مكونات القشرة الأرضية بتركيز متوســـط ١٦ جزء فى المليون ويكون غالبا فى شكل كبريتيد الرصاص. ويوجد الرصـــاص فى الشكل الغير عضوي عموما (فى البيئة فى الهواء والطعام والماء والتربة). كمـا يحدث تلوث نتيجة عمليات التعدين والصهر أو استعمال المنتجات المصنوعة مـــن الرصاص. وتنتج مقادير صغيرة من الرصاص العضوي نتيجة استعمال الجازولين المحتوى على الرصاص نتيجة عمليات الألكله (Alkylation) التـــي تنتـــج ميثيـــل الرصاص. ويستخدم الرصاص فى صناعـــة مراكـــم الأحمـــاض ومـــواد اللحـــام والاصباغ والذخيرة وتغليف الكابلات وعازل للأسقف وصناعة مواسير الصـــرف وفى توصيل المياه من البريزة (Saddle) المركبة على ماسورة التغذية الى وصلـــة المياه بالمنزل وذلك لسهولة تشكيلها وتم ايقاف استخدامها لأسباب بيئية واســـتبدلت بوصلات من البلاستيك الاقل فى التكلفة. ومحتوى المياه الطبيعية فـــى المحـــارى السطحية العزبة من الرصاص يتراوح بين ١ - ١٠ جزء فى المليـــون. المعالجـــة بالمروبات تزيل نسبة كبيرة من املاح الرصاص بما يقلل من نســـبتة فـــى الميـــاه المعالجة عـــن الموجود فى المياه الطبيعية. ولكن يمكن أن تصل الملوثـــــات مـــن املاح الرصاص من خلال شبكة توزيع المياه عند استخدام مواسير من الرصـــاص أو اللحام باستخدام الرصاص. عندئذ يزداد تركيز الرصاص فـــى المـــاء المعـــالج

وخاصة عندما يقل عسر المياه او ينخفض الرقم الهيدروجينى. وعلى اساس استهلاك لترين من الماء فى اليوم فان المدخول اليومى من الرصاص يتراوح ما بين ٠,٠٢ الى ١ مليجرام / لتر على اساس استهلاك جميع الرصاص.

وعند استعمال الماء فى الطهى تكون فرصة اضافية لتناول الرصاص من الماء. ويوجد الرصاص فى كثير من المواد الغذائية وخاصة المعلبة عند استخدام اللحام من الرصاص كما يوجد الرصاص فى الخضروات الطازجة والحبوب والفواكه بمقادير صغيرة طبقا لتركيز الرصاص فى التربة والامتصاص المحدود بواسطة النبات. وقد يوجد الرصاص فى المواد الغذائية نتيجة ترسيبات الرصاص من الهواء الجوى عند تركها معرضة وخاصة الالبان ومنتجات الألبان. ويمكن أن يحدث تلوث إضافى من الطعام عند الطهى فى أوانى بها لحامات من الرصاص أو الآنية الخزفية التى يدخل الرصاص فى صناعتها. ولذا فان المصدر الأكبر للرصاص بصفة عامة هو الطعام. وفى الريف تكون تركيزات الرصاص فى الهواء حوالى ١,٠ مليجرام / م٣ بينما تصل فى المدينة من ٠,٥ إلى ٢ ملجرام / م٣. ويرجع تلوث الهواء بالرصاص إلى كثافة حركة مرور السيارات المستخدمة للجازولين المحتوى على الرصاص. معظم الرصاص الموجود فى الهواء يكون على شكل جسيمات دقيقة وعند استنشاق هذه الجسيمات لايرسب منها فى الجهاز التنفسى سوى ٢٠ – ٦٠%. وعلى أساس حجم تنفس يومى من الهواء قدره ٢٠م٣ فى المتوسط يكون المدخول اليومى لساكن المدينة المعرض لواحد مليجرام / م٣ من الرصاص فى اليوم وبمعدل إمتصاص ٤٠% هو ٨ ملجرام. ويمكن أن تكون مستويات الرصاص فى مناطق العمل الصناعى أعلى كثيرا عن مستويات البيئة العامة. مصدر التعرض للرصاص من التبغ صغير نسبيا. وقد عرفت الجرعات العالية من الرصاص بأنها سم تراكمى عام. ومن أعراض التسمم الحاد التعب والإنهاك والتوعك المعوى وفقر الدم والرصاص يتداخل فى تنظيم نقل الاكسجين وتحقيق الطاقة، وترتبط زيادة الرصاص فى الدم طبقا لمستوى الرصاص فى مياة الشرب. كما وجد أن مستويات الرصاص العالية فى الدم (٤٠٠ ملجرام /لتر) فى الأطفال ذوى التخلف العقلى.

والرصاص يؤثر على تكوين الدم والجهاز العصبى والكلوى والقلبى والتناسلى ولم يثبت للرصاص ضرورة لقيام الأجهزة الحيوية بوظائفها مما يتطلب أن يكون التعرض للرصاص منخفضاً قدر الإمكان وبما لايتعدى ٣ ملجرام فى الأسبوع (بمعدل ٠,٠٥ ملجرام / كيلو جرام من وزن الانسان) وتقل هذة النسبة للأطفال نظرا للنمو السريع وأن امتصاص الرصاص لديهم أعلى عما هو عند البالغين وأنهم أكثر استعدادا للتأثر. والرصاص يسبب ارتفاع فى ضغط الدم مع احتمال انه مسرطن عند الجرعات العالية وقد أوصت وكالة البيئة الأمريكية (usepa) بأقصى مستوى للتلوث بالرصاص ٠,٠٠٥ ملجرام / لتر فى مياه الشرب وأن كانت منظمة الصحة العالمية قد أقترحت نسبة ٠,٠٥ ملجرام / لتر وهى المعايير المأخوذة بها فى مصر.

## ٣- الزرنيخ: ٠,٠٥ مليجرام / لتر

يوجد الزرنيخ بشكل طبيعي فى جميع الأوساط البيئية وعادة ما يوجد فى شكل مركبات متحدا مع الكبريت ومع فلزات كثيرة عند صهر خاماتها وخاصة خام النحاس والكوبالت والرصاص والزنك. وقد يوجد الزرنيخ فى مجارى المياه نتيجة النحر فى الصخور السطحية.

ويبلغ تركيز الزرنيخ فى القشرة الأرضية ٢ جزء فى المليون. ويوجد الزرنيخ فى شكل الغير عضوى أو قد يكون متحدا مع مركبات عضوية. كثيرا من مركبات الزرنيخ تذوب فى الماء وتلوثه. الزرنيخ موجود فى معظم المواد الغذائية بتركيز اقل من واحد جزء فى المليون من وزنها الجاف وان كانت الاسماك البحرية تحتوى على مستويات اعلى من ذلك فقد يحتوى المحار على مستويات تزيد عن ٥٠ جزء فى المليون. ويوجد الزرنيخ فى الاطعمة البحرية أساساً فى شكل عضوى ويصل المدخول اليومى من المصادر الغذائية فى المتوسط ٣٠ جزء فى المليون من وزن الانسان. يحتوى الهواء فى المناطق الريفية وغير الحضرية على مستويات منخفضة جدا من الزرنيخ اقل من ٠,٠١ ملجرام / م$^{٣}$. وقد يبلغ متوسط التعرض للزرنيخ المنقول بالهواء ٠,٢ ملجرام /م$^{٣}$ على شكل زرنيخ غير

عضوى أساساً كما تزداد مستويات التعرض للزرنيخ من الهواء والتربة حيث توجد مصانع صهر المعادن. ويحتوى التبغ على بعض الزرنيخ وان كـــانت مســتويات الزرنيخ انخفضت الآن نتيجة التقليل من استخدامه فى رش نباتات التبغ. كما توجـد بعض المستحضرات الدوائية المحتوية على الزرنيخ. وبمقارنة المدخول الكلى نجـد ان اسهام الماء قليل نسبة الى التعرض الشامل فعند مستوى ٠,٠٥ مليجرام /لتر من مياه الشرب فانه يساوى او يزيد عن اجمالى المدخول عن غير طريـــق التعــرض المهنى.

ويؤثر الشكل الكيميائى للزرنيخ على امتصاصه، فنرى أن عنصــر الزرنيــخ يمتص بمعدل منخفض جدا بينما مركبات الزرنيخ اللاعضويـــة ثلاثيــة وخماســية التكافؤ تمتص بسهولة. وعند التعرض للزرنيخ فانه يدخل إلى الدم ثم إلــــى الكبـد أساسا والكلى والطحال والعضلات والجلد. كما توجد كميات صغيرة منه فى الرأس والقلب والرحم والدرقية والبنكرياس والشعر والأظافر. إفراغ مركبات الزرنيخ يتـم عن طريق البول. لا يوجد دليل حاسم على أن الزرنيخ بأى من أشكاله الكيميائيـــة ضرورى للإنسان وان كانت بعض مركباته مفيدة لنمو الحيوانات. وتتوقف كميـــة الزرنيخ على الشكل الكيميائى والفيزيائي للمركب وطريقة دخولـــه إلــى الجســم والجرعة ومدة التعرض والعمر والجنس للفرد المتعرض.

الزرنيخ الغير عضوى اكثر سمية من الزرنيخ العضـــوى. الزرنيـــخ الغــير عضوى ثلاثى التكافؤ اكثر سمية من خماسى التكافؤ ولذا يوصى عندما يتبيـــن أن الماء يحتوى على زرنيخ بمستويات ٠,٠٥ مليجرام /لتر التأكد من تكافؤ العنصـــر الزرنيخى وشكله الكيميائى، حيث أن الزرنيخ الثلاثى يمكن أن يضعف كثيرا مـــن أجهزة الإنسان.

ويشمل التسمم الحاد بالزرنيخ إصابة الجهاز العصبى المركزى كما يمكـــن أن يصاب الجهاز الهضمى والعصبى والتنفسى والجلد بإصابات شديدة. ويظهر التســمم مع جرعات تبلغ فى الانخفاض من ٣-٦ مليجرام /اليوم على مدى فترات طويلـــة حيث الإصابة بالضعف العضلى العام وفقد الشهية والغيثـــان والتــهاب الأغشــية المخاطية فى العين والأنف والحنجرة كما يمكن أن تحدث أمراض جلديـــة وأورام

خبيثة وكذلك الإصابة بسرطان الجلد عند تركيز ٠,٢ مليجرام /لتر من مياه الشرب.

وتؤدى الجرعات من ٧٠-١٨٠ مليجرام /لتر إلى الوفاة كما أن التعرض المهنى العالى يسبب الإصابة بسرطان الرئة. ومعايير الزرنيخ فى مياه الشرب هى ٠,٠٥ مليجرام / لتر.

## ٣- السيانيد: ٠,٠٥ مليجرام / لتر

يوجد السيانيد حيثما توجد الحياة والصناعة فى شكليه العضوى والغير عضوى واكثر أشكال السيانيد شيوعا هو سيانيد الهيدروجين (HCN) وأملاح السيانيد تتحلل فى الماء لتعطى حامض الهيدروسيانيك. أيون السيانيد يمكن أن يتفاعل ويتحد مع أيونات الفلزات الثقيلة لتكوين مركبات معقدة (Complex) بعضها شديد الثبات. السيانيد يستخدم فى كثير من العمليات الصناعية مثل إنتاج البولى الأكليرك (Polyacrylonitrile) وهى بلمرات لها استخدامات كثيرة كما يستخدم السيانيد فى استخلاص الذهب والفضة كمذيب وفى عمليات الطلاء الكهربى للمعادن بالذهب والفضة وغيرها ويمكن أن يلوث الماء والهواء من خلال هذه العمليات الصناعية كما أن الاستخدام العرضى للسيانيد فى إبادة الهوام يمكن أن يكون مصدرا لتلويث المياه. معظم أملاح السيانيد تذوب فى الماء وكذلك سيانيد الهيدروجين مكونا حامض. وتذوب معادن الذهب والفضة والزئبق والرصاص فى محلول سيانيد الصوديوم مع امتصاص الأكسجين وكذلك تذوب معادن النحاس والنيكل والحديد والزنك والألومنيوم والمغنيسيوم مع إنتاج هيدروجين. أملاح السيانيد التى تذوب فى الماء هى سيانيد الصوديوم، البوتاسيوم، الكالسيوم، الذهب.الزئبق ولكن كلا من سيانيد الفضة وسيانيد النحاس لا يذوبا فى الماء. تكون أيونات السيانيد مركبات معقدة مع البوتاسيوم والحديد ومع النحاس والحديد ومع بعض الأحماض مثل حامض (Thiocianic Acid-HCNS) ومع الايسترات. ويتحول السيانيد إلى السيانات الأقل سمية بكثير عند رقم هيدروجيني ٨,٥ فأكثر.

ويمكن القول أن السيانيد فى الماء الخام منخفض لأقل من ٠,١ مليجرام / لتر. إلا فى حالة التلوث الخطير الذى يرجع إلى صرف مخلفات الصرف الصناعى فى المجارى المائية وخاصة صناعات معالجة المعادن والكوك والغاز وغزل الصوف وصناعات كيماوية كثيرة. إضافة الكلور لمياه الشرب يساعد فى المجال المتعادل على خفض السيانيد فى الماء وعند اضافة جرعات عالية من الكلور عند رقم هيدروجينى منخفض يتحول السيانيد إلى سيانات غير ضارة ثم إلى ثانى اكسيد الكربون والنيتروجين. تحتوى معظم الأطعمة على أثار من السيانيد وبعضها يحتوى على نسبة مرتفعة وخاصة ذات الأصل النباتى مثل اللوز كما يمكن أن يوجد السيانيد فى الأسماك التى تعيش فى المياه الملوثة. تتحلل أملاح السيانيد عند التسخين ولذا فإن الأطعمة المطهية تحتوى على مستويات قليلة جداً. المدخول اليومى من السيانيد عن طريق الأطعمة منخفض جدا.

أيون السيانيد يمتص بسهولة وسرعان ما تحدث تأثيرات شديدة السمية والتى تعيق عمليات الأكسدة حيث يثبط امتصاص الخلايا للأكسجين. والتعرض المنخفض للسيانيد ليس مميتاً لمن لديهم جهاز مقاومة قوى لازالة السمية والذى يحول السيانيد إلى اليثو سيانات الغير ضاره مع المستويات المنخفضة من ٢,٩ - ٧،٤ مليجرام / اليوم. عادة ماتكون جرعة واحدة من ٥٠- ٦٠ مليجرام مميتة للانسان نظرا لأن المدخول اليومى من السيانيد عن طريق الأطعمة منخفض جدا وعلى أساس أن المصدر الرئيسي للسيانيد هو مياه الشرب فقد تحدد معيار السيانيد في مياه الشرب بما لايزيد عن ٠,٠٥ مليجرام / لتر.

## ٤- الكادميوم: ٠,٠٠٥ مليجرام / لتر

يوجد الكادميوم فى أنحاء معينة من العالم وبمقادير ضيئلة فى القشرة الأرضية. كما يوجد خام الكادميوم والذي يسمى جرينوكيت (Greenockite) بكميات صغيرة مع خام الزنك. وخام الكادميوم يتكون من كبريتيد الكادميوم، كبريتات الكادميوم ويوجد مختلطا بخام الزنك من كبريتيد الزنك وكربونات الزنك. عادة ماينتج الكادميوم كمنتج ثانوي عند استخراج الزنك.

وقد تزايد استخدام الكادميوم وزادت اهميته خلال النصف الثانى من القرن العشرين، وبذلك بدأ فى تلويث البيئة حيث يوجد فى التربة والهواء والماء والطعام. والاستعمال الرئيسى للكادميوم هو فى صناعة السبائك المعدنية ومواد اللحام وطلاء المعادن وفى مواد الصباغة وصناعة البطاريات وكمثبت لمنتجات البلاستيك. وعادة ماتكون مستويات الكادميوم فى إمدادات مياه منخفضة جداً حيث لا توجد سوى مقادير ضئيلة جداً فى إمدادات المياه الخام، وفى حالة إرتفاع المستويات بعض الشئ فإن كثيراً من الكادميوم يزال بإستخدام المروبات عند المعالجة بالمرشحات. ويتأثر ذوبان الكادميوم فى اطار طبيعة مصدر الكادميوم وحموضة الماء. المياه السطحية المحتوية على ميكرو جرامات قليلة فى اللتر تكون نتيجة التلوث بمياه الصرف الصناعى أو من مقالب القمامة. وتقترن المستويات المرتفعة من الكادميوم فى مياه الصنبور بالمواسير المنزلية او المواسير المجلفنة بالزنك وكذلك سبائك اللحام و تآكل مهمات السباكة من الصلب والنحاس الذى يدخل الكادميوم فى مكوناتها او طلائها بما يعطيها اللون الفضى.

وتحتوى مياه الشرب عادة على تركيز منخفض جدا من الكادميوم وان كانت مياه الابار تحتوى على تركيزات مرتفعة من الكادميوم. ويزداد تركيز الكادميوم فى المياه اليسر وذات الرقم الهيدورجينى المنخفض حيث ان حالة المياه هى التى تساعد على تأكل طلاء المواسير ومادة الجلفية من الزنك الذى يحتوى على الكادميوم وكذلك معدن الكادميوم من مكونات سبائك الصلب المقاوم وبعض سبائك النحاس والكادميوم المستخدم فى طلاء المهمات المعدينة.

يزداد التلوث مع بطئ حركة المياه وزيادة زمن وجودها فى الشبكة. ويتراوح التعرض اليومى للكادميوم عن طريق الماء على اساس استهلاك ٢ لتر فى اليوم الى اقل من واحد ملجرام / لتر او اكثر الا انه يمكن ان يكون جميع الكادميوم غير مستهلك نظرا لالتصاقه بأسطح الآنية فى اعداد مشروبات معينة مثل الشاى. معظم المواد الغذائية تحتوى على أثار من الكادميوم وتحتوى المحاصيل المنتجة فى التربة الملوثة بالمخلفات الصناعية أو رويت بمياه ملوثه على تراكيز أكبر وكذلك لحوم الماشية التى ترعى فى مزارع ملوثه. وكلية الحيوانات وأكبادها تركز الكادميوم

ومن يتناول هذه الأطعمه يتناول جرعات زائدة من الكادميوم. والمحار يميل الى تكديس الكادميوم، ومصدر اضافى آخر للكادميوم هو سماد الفوسفات.

معظم المواد الغذائية تحتوى على اقل من ١, مليجرام / كيلو جرام رطب وتتراوح المدخلات الغذائية النمطية من ١٥ –٦٠ مليجرام كادميوم فى اليوم. أما عن الكادميوم فى الهواء فيمكن القول بصفة عامة أن مستوياته منخفضة وقد تصل تركيزاته أقل من ٠,٠٠١ الى ٠,٠٥ مليجرام /م٣ تبعا لوجود الصناعات الباعثه للكادميوم. فقد تصل إلى ٣,٥ مليجرام / م٣ للقيم العالية للتلوث. والجسيمات التى ترسب و تحتجز فى الرئة ٢٥ % من الجسيمات الموجودة فى الهواء الجوى.

ويوجد الكادميوم فى التبغ فالسيجارة تحتوى على ١–٢ مليجرام. و لما كان الكادميوم يتطاير عند درجات الحرارة المرتفعة فإن بعضه يستنشق أثناء التدخين. عادة ما يستنشق ٢–٤ مليجرام من الكادميوم لكل ٢٠ سيجارة ويحتمل ان يرسب ٥٠% منها فى الرئتين.

والكادميوم يمتص بسهولة عند التناول فى الغذاء أو الماء أو من خلال الرئتين. ويتأثر الامتصاص الغذائى بعدد من العوامل مثل السن ونقص الكالسيوم والحديد والزنك والبروتين والشكل الكيميائى. الكادميوم المتناول كما هو الحال مع الرصاص من المحتمل أن تؤثر حالة المعدة على الكمية الممتصة كما أن نقص الحديد والكالسيوم والبروتين يزيد من معدل الامتصاص المعدى المعوى. ويتوقف الإمتصاص الرئوى على حجم وزوبان الجسيمات المحتوية على الكادميوم حيث يحتبس فى الرئة مايقرب من ٥٠% من الجسيمات التى يبلغ حجمها ٠,١ ميكرومتر بالمقارنة بـ ٢٠% من الجسيمات التى يبلغ حجمها ٢ ميكروميتر وقدرت نسبة ٢٥الى ٥٠ % من الجسيمات تحتبس فى كل من حالات الهواء العام ودخان التبغ.

ونظراً لأن التعرض للكادميوم وارد من الماء والطعام والهواء والتعرض المهنى فقد أوصت منظمة الصحة العالمية ألا يزيد المدخول الأسبوعى من الكادميوم عن ٠,٥ ملجرام للشخص. يدخل الكادميو الممتص الى الدم ويتركز فى

اجزاء معينة من الجسم وتعمل الكلى والكبد كمخازن للكادميوم (حيث يحتوى هذين العضوين على ٥٠% من الكادميوم المتراكم).

والكادميوم يزداد تراكمه مع العمر ولقد وجد ان المشيمة تعمل كحاجز فعال الى حد ما للكادميوم لهذا فان المواليد يكونون خاليين تماما منه (مايقرب من واحد ملجرام فقط) بينما من هم فى الخمسنيات يمكن ان يختزنوا فى اجسامهم ٥٠-٦٠ ملجرام. وعادة ما تكون مستويات الدم اقل من ٢٠ ملجرام فى الترالبالنسبة لغير المدخنين، وعملية افراغ الكادميوم بطيئة عادة وتتم عن الطريق البول اساسا. وعن التاثيرات الصحيه فقد ظهرت تأثيرات حادة حينما تلوث الطعام عند استخدام الآنية المطلية بالكادميوم وهذه التأثيرات هى امراض معديه ومعويه شديدة. وتأكدت التأثيرات الصحية بالنسبة للعمال المعرضين لأدخنة وغبار اكسيد الكادميوم حيث ظهرت حالات التهاب فى القصبة الهوائية وفقر الدم وحصوات فى الكلى نظرا لان الكلى هى العضو الاساسى لتراكم الكادميوم فى جسم الانسان.

وتقترن التأثيرات الكلوية للتسمم بظهور البروتين والسكر والاحماض الامينيه فى البول. كما ان هناك دلائل على حدوث ضغط الدم المرتفع بعد تعرض غذائى منخفض طويل المدى، وكما ان الكادميوم فى مياه الشرب يقلل من امتصاص الحديد فى المعده والامعاء. والتعرض الشديد للكادميوم والممتد يشكل خطرا متزايداً للاصابة بسرطان البروتستاتا ولقد اتفق فريق دراسة لمنظمة الصحة العالمية على قبول قيمة ١٠ مليجرام / لتر فى الدم كمستوى لعدم حدوث تأثير ضار، وهذا يتطلب ألا يزيد مدخول الكادميوم للشخص البالغ فى اليوم عن ٥٠-٧٠ مليجرام. وقد قدرت الجرعة المميته بعدة مئات من المليجرامات. وقد أوصى ألا يزيد محتوى الكادميوم فى مياه الشرب عن ٠,٠٠٥ مليجرام / لتر.

## ٥- السيليينوم: ٠,٠١ جزء من المليون

السيلينيوم من العناصر التي يحتاجها جسم الإنسان بمقادير معينه. يوجد السيلينيوم فى خامات معدنية مختلفة أساسا فى خام الفضة والنحاس كما يوجد السيلينيوم مع الزنك والنحاس. والمصدر الرئيسى للسيلينيوم هو استخلاص

النحاس حيث يحتوى أنود النحاس الذى يتم ترسيبه على الكـــاثود بنســبة ٩٩,٩% حوالى من ٠,٠٣ الى ٠,٠١٤% من السيلينيوم، وكذلك الخبث الناتج مـــن صـــهر النحاس قد يحتوى على ٩,٨% سيلينيوم.

ويستخلص السيلينيوم من النحاس بمعدل ٠,٦٦ رطل من كل طن من النحـــاس أو عند تحميص خام كبريتيد الحديد لانتاج حامض كبريتيك حيث يتكـــون أكســيد السيلينيوم الذي قد يذوب فى الماء مكونا حامض ($H_2Se_4O_4$) وكلا مـــن الحـــامض والاكسيد يذوبان فى الماء. وأملاح السيلنيوم مع الصوديوم والبوتاسيوم والكالســيوم والكبريت لاتذوب فى الماء ومركباته مع الكلور والبروم والفلور تذوب فى المـــاء. ويستخدم معدن السيلينيوم فى الخلايا الضوئية وكمثبت للتيار الكـــهربابى ويضـــاف السيلينيوم الى مسبوكات الصلب والنحاس لتحسين خصائص التشـــغيل الميكـــانيكى للسبائك.

وتستخدم سبائك السيلينيوم مع النحاس لانتاج سبيكه عاليه التوصيل الكـــــهربى وكذلك فى صناعة الزجاج لازالة اللون الأخضر للحديـــدوز وتســتخدم ســيلينات الصوديوم لانتاج الزجاج الاحمر النظيف وكذلك لعمل التزجيج بـــاللون الاحمـــر. اضافة ١-٣ % من السيلينيوم يزيد مقاومة البرى للمطاط ويستخدم فى كيماويـــات التصوير والطبع ورغم ان معدن الفلز يعتبر غير سام الا ان كثيرا مـــن مركباتـــه تعتبر سامة مثل غاز سيلينيد الهيدروجين وهو ذو رائحة كريهة. التربة المحتويـــة على السيلينيوم تسبب السميه للإنسان والحيوان الا انه قد ظهرت أمراض متوطنـــة لحيوانات الزراعة فى مناطق ذات مستويات منخفضة من السيلينيوم وعلى الجـــانب الأخر ترتب على جرعات العاليه من السيلينيوم ظهور أمراض أخرى فى حيوانات الزراعة. من الدراسات التى أجريت على الإنســـان وجـــدت أدلـــه ان الســـيلينيوم ضرورى لصحة الانسان وأن المدخول المنخفض يسبب مرض عضله القلب عنـــد الأطفال ومع المدخول المرتفع تحدث اضطرابات معديه معويه وتلون للجلد ومرض الأسنان وتسوسها.

وباستثناء من يتعرضون مهنيا حيث التعرض من خـــلال الـــهواء والتلامـــس الجلدى فان تعرض عامة السكان للسيلينيوم يكون عن طريق الطعـــام ومســـتوياته.

الأغذية الخضروات والفواكه تمثل مصدرا غذائيا ضعيفا علـــى نقيــض الحبــوب واللحوم وخاصة لحوم الأعضاء الداخلية. والتركيب الكيماوى للتربة ومحتواها مـــن السيلينيوم له تأثير واضح على محتوى السيلينيوم فى الحبوب والذى يتراوح ما بين ٠,٤ حتى ٢٠ جزء فى المليون. يتراوح المدخول الغذائى من السيلينيوم للأشـخاص الأصحاء حوالى ٢٠ جزء فى المليون. وتقدر الأغذية النموذجيـــة حوالـــى ١٠٠-٢٠٠ ملجرام / اليوم للسكان البالغين وقد تـزداد فى بعـــض البلـــدان الـــى ٣٦٠ ملجرام / اليوم. التعرض التنفسى لايسهم كثيرا فى المدخول اليومى للسيلينيوم سواء عن طريق الهواء او عن طريق التدخين. املاح السيلينيوم القابلة للذوبان فى المـــاء مثل سيلينات الصوديوم تمتص بسهولة بنسبة ٩٥%. السيلينيوم الممتص يوزع على نطاق واسع فى الاعضاء والانسجة مع وجود مستويات عالية فى الكبـــد والكلـــى. والسيلينيوم ينفذ من خلال المشيمة وكذلك إلى اللبن ويتوقـــف ذلـــك علـــى شـكله الكيمائى. وفى ظروف التعرض السائد بين السكان يسود افراغ السيلينيوم البولـــى. ويتوقف معدل التخلص على الشكل الكيمائى للسيلينيوم المأخوذ. وتبين المعطيـــات المتاحة عن الانسان ان السيلينيوم المعطى على هيئة سيلينات يفـــرغ مـــن الجســم بمعدل اسرع مما لو اعطى على شكل عضوى مثل السليوميترين. وتوجـــد بعــض التناقصات عن تأثيرات السيلينيوم العاليه فى مياه الشرب فقد افـــــادت بعضـــها أن السيلينيوم الزائد عن الضرورى للغذاء واق ضد ظهور السرطان فـــى حيوانـــات التجارب. وقد افترضت وكالة البيئة الأمريكية مستوى ٠,٠١ مليجرام / لـــتر فـــى مياه الشرب وعدل ليكون ٠,٠٥ مليجرام / لتر. والمعدل المقرر فى مصر حاليا هو ٠,٠١ مليجرام / لتر.

## ٦- الزئبق: ٠,٠٠١ مليجرام /لتر

الخام الرئيسى لعنصر الزئبق هو كبريتيد الزئبق أو السينابار (Cinabar- HgS) و يوجد خام الزئبق فى عدد قليل من دول العالم وهى امريكا، روســـيا، الصيـــن، أسبانيا، المكسيك، ايطاليا، يوغوسلافيا، الفلبين. والسينابار يوجد نتيجـــة الأنشـــطة البركانية. والزئبق يستخدم فى صناعة الأجهزة الكهربائيـــة وفـــى انتـــاج الكلـــور والصودا الكاوية بالتحليل الكهربى حيث يستخدم كاثود، كما يستخدم فى منع التراكم

البيولوجى (Anti Fouling) وفى أجهزة القياس والتحكم وفى الصناعات الدوائية وفى علاج الأسنان وفى صناعة المبيدات وصناعة الورق ولب الورق وفى بعض الصناعات الكيميائية. ويستخدم كمملغم فى الصناعات المعدنية.

ويحدث التسمم بالزئبق فى مناجم إنتاج الخام وعمليات التصنيع لإنتاج الزئبق أو مستحضراته. الزئبق يمكن أن يتشتت إلى جسيمات متناهية فى الصغر. كما يمكن الحصول على بودرة الزئبق الرمادية يرج الزئبق مع الدهون أو التباشير أو السكر أو الكحول وكذلك مع عدد من المواد الأخرى. يحدث التسمم عند التداول مع عدم الحذر من قدرة الزئبق على التشتت. ولما لهو من كثافة نوعية عالية ١٣,٦ ولذا يلزم الحذر عند تداول واستخدام الزئبق مع البحث عن بدائل لإستخداماته حيث يمكن استخدام النحاس وعدد كبير من المركبات العضوية فى عدد كبير من الصناعات ومنها الزراعية وغيرها. وقد أستبدل فى صناعة العقاقير الدوائية بعقاقير الكبريت واليود والمطهرات كما استبدل مملغم الزئبق فى طب الأسنان بمسحوق المعادن والبورسلين والبلاستيك وأصبحت مفضلة. والزئبق يذيب كثيراً من المعادن مكونا مملغم (Amalgam) عدا معدن الحديد ومعدن البلاتين. معظم مركبات الزئبق لاتذوب فى الماء عدا كلوريد الزئبق وأيدروكسيد الزئبق. وقد يوجد الزئبق فى البيئة فى شكل الفلز والأملاح أحادية وثنائية التكافئ والزئبقيات العضوية وأهمها هو ميثيل الزئبق، والذى يمكن أن يتكون عند تفاعل الزئبق مع غاز الميثان الناتج من التحلل اللاهوائى للمخلفات العضوية.

الأسماك والثدييات تمتص ميثيل الزئبق وتحتبسه مدى أكبر من الزئبق الغير عضوى. ويوجد الزئبق فى البيئة فى الغازات المتصاعدة من الأنشطة الصناعية المتصلة مباشرة بإنتاج الزئبق أو استخدامه بالإضافة إلى الغازات الصناعية المتصاعدة من القشرة الأرضية الملوثة بمخلفات مركبات الزئبق أوالمحتوية على خاماته. وفى معظم مياه المجارى السطحية نجد أن الأيدروكسيد والكلوريد هما النوعان السائدان من مركبات الزئبق وعادة ما تكون مستوياتهم أقل من ٠,٠٠١ ملجرام / لتر وقد تصل إلى ٠,٠٣ ملجرام / لتر. ومستويات الزئبق فى مياة الشرب المعالجة بالمرشحات عادة ما تكون منخفضة جدا نتيجة لإستخدام مواد

الترويب. وحيثما لا يوجد دليل على التلوث بالزئبق تكون مستويات الزئبق في مصادر المياه العزبة أقل من ٠,٠٠٠٢ ملجرام / لتر والتى تنخفض إلى أقل من ذلك أثناء معالجة المياه بالمرشحات.

الطعام هو المصدر الرئيسى للزئبق لدى السكان المعرضين بشكل غير مهنى، وميثيل الزئبق الموجود فى الطعام يعود معظمه إلى الأسماك ومنتجات الأسماك. نسبة إمتصاص الزئبق عن طريق الطعام ٨% وعن طريق الهواء تبلغ نسبة الإحتياس ٨٠% وعن طريق الماء يبلغ نسبة الإمتصاص ١٥%. وإمتصاص ميثيل الزئبق فى الطعام والماء يكاد يكون تاما. الزئبق لا يخدم أى وظيفة فسيولوجية نافعة للإنسان ولكل من مركبات الزئبق خواصها الذاتية كمادة سامة. نتراكم مركبات الزئبق اللاعضوية بسرعة فى الكلى التى هى العضو المستهدف الرئيسى لهذه المركبات وسرعان ما يظهر ميثيل الزئبق $(CH_3)_2$ Hg ) فى الدم حيث يرتبط ٨٠ – ٩٠% بالخلايا الحمراء فى الإنسان. وتتم عملية التحويل من ميثيل الزئبق إلى الزئبق اللاعضوى بمعدل بطيئ. وترجع السمية الذاتية الكبيرة لميثيل الزئبق مقارنة بالزئبق اللاعضوي الى زوبانه فى الدهون وبذلك يسهل عبوره الأغشية البيولوجية الى الرأس والنخاع الشوكى والأعصاب المحيطية وعبر المشيمة. وتفرغ أملاح الزئبق من الكلية والكبد والغشاء المخاطى المعوى وغدد العرق والغدد اللعابية وخلال اللبن واهم سبل الأفراغ هى البول والبراز. وتأخذ التأثيرات الهامة للتسمم بالزئبق شكل الإضطرابات العصبية والكلوية التى تقترن أساساً بمركبات الزئبق العضوية واللاعضوية، حيث ان مركبات الزئبق اللاعضوية لا تمتص بسهولة فى الجهاز الهضمى وبالتالى لا تخترق الخلايا مثل ميثيل الزئبق العضوى.

لم تقترح منظمة الصحة العالمية قيمة دليلة للملوثات من مركبات الزئبق فى مياه الشرب ولكن وكالة البئية الأمريكية قد أقتراحت ٠,٠٠٢ مليجرام / لتر. اللجنة العليا لمياه الشرب فى مصر قد اوصت بمعايير للزئبق فى مياه الشرب لا تزيد عن ٠,٠٠١ مليجرام / لتر وهو المستوى المقرر.

## ٧- الكروم: ٠,٠٥ مليجرام / لتر

الخام الرئيس للكروم هو كرومات الحديدوز وينتج بتسخين الخام في فرن كهربى لإنتاج الفيروكروم الذى يستخدم فى صناعة سبائك الصلب. يتفاعل الكروم مع الكلور والبروم. تستخدم أملاح الكروم مثل كبريتات الكروم فى صناعة النسيج والصباغة ودباغة الجلود وفى أحواض التثبيت والطباعة للصور الفوتوغرافية وفى صناعة السيراميك. ولايتأثر الكروم بالرطوبة أو الماء عند درجات الحرارة العادية. ولايذوب اكسيد الكروم فى الماء. وأملاح الكروم عوامل اختزال قوية. ويستخدم اكسيد الكروم فى صناعة الزجاج الأخضر والأصفر. أما الاستخدام الرئيسى للكروم فهو فى صناعة السبائك مع معادن كثيرة، حيث يستخدم فى انتاج الصلب لزيادة الصلابة. ويوفر الكروم فى سبيكة الصلب المقاومة للتآكل (Stainless Steel) وارتفاع درجات الحرارة ومقاومة الكيمياويات. ويضاف الكروم فى صناعة سبائك النحاس كذلك. والاستخدام الأخر الرئيسى للكروم هو فى تغطية أسطح المعادن بالترسيب الكهربى بما يعطيها اللون الجميل ومقاومة التآكل والبرى والاحتكاك كما فى حالة تغطية سبيكة النحاس مع النيكل. ولتغطية الزنك والكادميوم والألومنيوم والمغنيسيوم والنحاس فانها تتم بغمر هذه المعادن فى محلول محتوى على الكروم السداسى شديد السمية.

والكروم فى التربة قد يوجد فى الشكل الثلاثى التكافؤ ونادرا ما يوجد فى الشكل السداسى التكافؤ. والكروم فى الطبيعية غير مذاب فى الماء الا ان تاثير الطقس والآثار الناتجة عن النشاط البيولوجيى قد تحوله الى المركب المذاب بنسبة قليلة. ولذلك فان معظم مركبات الكروم التى تذوب فى المياه تكون ناتجة عن التلوث بمخلفات الصناعة وخاصة الكروم السداسى. والشكل الثلاثى التكافؤ هو الثابت نظرا لسهولة اختزال الكروم السداسى التكافؤ بظروف بيئية مختلفة من المواد العضوية. ومستويات الكروم الموجود فى الماء عموما منخفض نظراً لقلة ذوبانه فى الماء. تلوث المياه فى بعض الحالات يرجع الى الصرف الصناعى الغير معالج الذى يحتوى على مركبات الكروم فى المجارى المائية. ويكون الكروم فى الشكل الثلاثى أو السداسى التكافؤ فى شكل جسيمات عالقه او كملح مذاب وكثيرا ما

يكون كمركب كيماوى معقد. يتحول الكروم الثلاثى التكافؤ الى ايدروكسيد الكروم الغير مذاب فى المجال القلوى. وتقترن المستويات العالية للكروم فى الماء بدرجة العسر حيث تزاد مع زيادة عسر المياه. وقد تصل مستويات الكروم الكلى فى الماء الى ١٠ مليجرام / لتر. عادة ماتكون المياه المعالجة بالمرشحات اقل فى محتوها من الكروم من المياه الخام، ولذلك فان محتوى مياه الشرب من الكروم يكون بمقادير منخفضه جدا. قد يزداد التركيز فى مياه الشرب بسبب التصاق المياه فى المواسير والسباكة المحتوية على الكروم. ويندر وجود الكروم ثلاثى التكافؤ فى مياه الشرب المكلوره حيث يتأكسد الى السداسى بالكلور. تختلف المواد الغذائية فى محتواها من الكروم. وبعض الأطعمة البحرية تحتوى على مستويات مرتفعة تبلغ من ٠,٠٢ – ٠,٢ مليجرام / لتر. ويوجد الكروم فى الخمور وفى المواد الغذائية فى شكلية الثلاثى والسداسى التكافؤ أو نتيجة التلوث من الآنية المطلية بالكروم او المصنعة من الصلب الذى لايصدأ. يصل المدخول الغذائى من الكروم ما بين ١٠٠ – ٣٠٠ مليجرام / فى اليوم. تبلغ مستويات الكروم فى الهواء فى المتوسط فى المدن ٠,٠٢ ملجرام / م٣. ومعظم الكروم الموجود فى الهواء يأخذ شكل جسيمات دقيقة، ويترسب نصف ما يستنشق منها فى الجهاز التنفسى، وتبلغ الكمية المترسبة فى الرئتين ٠,٢ مليجرام / يوميا. تحتوى السجائر على آثار من الكروم تبلغ حوالى واحد مليجرام للسيجارة الواحدة. وقدر المدخول اليومى من الكروم على اساس امتصاص ١٠% من الكروم عن طريق الطعام و الماء، ٥٠ % من الكروم العالق فى الهواء الجوى الذى يمتص ويحتجز. (متوسط الكروم فى الهواء الجوى ٠,٠٢ مليجرام / م٣). يمتص الكروم من خلال الجهازين الهضمى والتنفسى وتختلف الكمية الممتصة فى كل من الجهازين وطبقا لشكل الكروم. والكروم ثلاثى التكافؤ ضرورى للإنسان للوقاية من بعض الأمراض مثل مرض السكر وهو عديم السميه. الكروم سداسى التكافؤ سام. يبلغ معدل امتصاص الكروم سداسى التكافؤ ٩ أمثال امتصاص الكروم ثلاثى التكافؤ المنقولين بالماء. والكروم سداسى التكافؤ المنقول والمذاب فى الماء هو من مسببات اضرار الكروم فعند ١٠ جزء فى المليون من وزن الانسان يحدث نخر فى الكبد والتهاب الكلى والوفاه أما الجرعات الأقل فإنها تسبب تهيج الغشاء المخاطى للمعدة والأمعاء. توجد دلائل لكون الكروم سداسى

التكافؤ يسبب السرطان الرئوى وسرطان البروتستاتا وحدوث التهابات جلدية وقرحات فى الغشاء المخاطى. اكبر مخازن للكروم فى جسم الانسان هى الجلد والعضلات والدهون. ومستوياته فى الأنسجة دالة للجنس والسن والموقع الجغرافى. وهناك الية فى الجسم تمنع تراكم مقادير زائدة من الكروم ثلاثى التكافؤ. ويفرغ الكروم ببطئ فى البول وكذلك فى البراز والمستوى المقرر للكروم الكلى الا يزيد عن ٠,١ مليجرام / لتر من مياه الشرب ولذلك فان المعايير التى اصدرتها وزارة الصحة لمحتوى مياه الشرب من الكروم الكلى هو ٠,٠٥ مليجرام / لتر.

## ٨- النترات و النتيريت: ($NO_3$،$NO_2$) ١٠ ، ٠,٠٠٥ مليجرام / لتر

النترات موجودة على نطاق واسع وبكميات كبيرة فى التربة فى معظم المياه والنباتات والخضروات. والنيتريت موجود كذلك على نطاق واسع الى حد ما ولكن عادة بمستويات أقل كثيرا من النترات. كلا من النترات والنتيريت يتحول احدهما الى الأخر فى الطبيعة. وعادة ماتكون التأثيرات الصحية للنترات نتيجة لسهولة تحولها الى النتيريت فى الجسم. والنترات ناتجة اكسدة النيتروجين العضوى ببكتريا التربة والماء حيثما وجد قدر كاف من الأكسجين، وتسمى البكتريا التى تقوم بهذا الدور بالبكتريا المؤكسدة للنتيروجين العضوى.

واحد الاستعمالات الاساسية للنترات يكون فى شكل السماد النتيروجينى، وكذلك فان معظم الاسمدة الأخرى المحتوية على نيتروجين تتحول الى نترات فى التربة. وتستعمل النترات فى صناعة الاسمدة وكعوامل مؤكسدة فى الصناعات الكيميائية وصناعة المفرقعات والاستعمال الرئيسى لأملاح النترات من الصويوم والبوتاسيوم هو لحفظ الاطعمة. وتنتج النترات والنيتريت فى التربة نتيجة لتحلل البكتريا للمواد العضوية سواء كانت نباتية أو حيوانية. ونظرا للانتشار الواسع للنترات والنيتريت فى البيئة فإنها توجد فى معظم الاطعمة وفى الجو وفى كثير من مصادر المياه. ويرجع وجود النترات والنيتريت فى الماء إلى إستعمال الأسمدة والمواد النباتية والحيوانية والصرف الصحى والزراعى فى الماء أو فى التربة، وهذه تحدث تلوث للمياه السطحية والجوفية. مستويات النترات فى المياه الملوثة

أعلا كيثرا من مستويات الينتريت. مستوى الينتريت فى المياه المكلورة أقـــل مـــن وجوده فى المياه الخام حيث يكون حوالى ٠,٠٠٥ مليجرام / لـــتر. توجـــد معظـــم المستويات العالية للنترات فى المياه الجوفية. وفى المياه الســـطحية فـــإن النـــترات تستنفذ بواسطة النباتات المائية. وتركيز النترات لا يتغير بشكل واضح فى شـــبكة التوزيع حيث المستوى فى الماء الخام هو فى شبكة التوزيع. كما يوجد فى الطعـــام كميات من النترات وكميات من النيتريت أقل منها فى أطعمـــة معينـــة. ومدخـــول الانسان الرئيس من النترات والنيتريت هو الطعام. وقد يصل تركيز النـــترات فـــى محاصيل مثل الكرنب والكرفس والخـــس والبطـــاطس والســـبانخ والعديـــد مـــن الخضروات الجذرية الى ١٠٠ جزء فى المليون. وهذه تحتوى على مستويات عالية من النترات لكنها لا تحتوى إلا على قدر صغير من النيتريت. ومصد اخر لتنـــاول النترات والنيتريت وهو اللعاب . فالانسان يفرز حوالى ١٠ مليجـــرام نيـــتروجين نترات فى اليوم ويختزل منها الى النيتريت حوالى ٢ ملجرام فى اليوم. والنـــترات مشتقة أساسا من الطعام وخاصة الخضروات. بالنسبة لمختلف الأفـــراد، يمكـــن أن يكون هناك مدى واسع من التعرض المحتمل للنترات والنتيريت فى الماء والطعـــام والهواء من خلال إحتراق الفحم والوقود والغاز ومصادر أخرى. وإن كان يبـــدو أن تلوث الهواء العام يمثل مصدرا غير ذى أهمية نسبيا. كلا من النترات والنيـــتريت سهل الامتصاص جدا فى الجسم حيث نسبة الامتصاص ١٠٠%.

النترات فى مياه الشرب لها آثار سلبية على صحة الانسان وذلـــك لاخـــتزال النترات الى النيتريت بواسطة بعض البكتريا ثم امتصاص النيتريت للاكسجين بمـــا يعيق تكون كرات الدم الحمراء عند الأطفال والرضع، كمـــا أن هنـــاك إحتمـــالات لحدوث سرطان المثانة. وقد أوصت معايير الملوثات فى مياه الشرب على ألا يزيـــد محتوى المياه من نيتروجين النترات ($N\text{-}No_3$) عـــن ١٠ مليجـــرام / لـــتر، مـــن نيتروجين النيتريت ($N\text{-}No_2$) عـــن ٠,٠٠٥مليجرام/لتر. وألا يزيد مجموع كليـــهما عن ١٠ مليجرام / لتر. وكذلك يلزم عند تحضير الأطعمة للأطفال عدم المبالغة فى تسخين المياه تحاشيا لزيادة البخر وزيادة التركيز فى الماء.

## ٩- الفلوريدات: ٠,٨ مليجرام / لتر

الفلور عنصر شائع الى حدما ويوجد على شكل الفلوريد فى عدد من الخامات مثل الفلورسبار والكريوليت والفلوراباتيت كما يوجد فى كثير من الصخور. والفلوريدات موجودة فى أسمدة الفوسفات وفى الطوب والخزف والقرميد. وخام الفلور هو الفلورايت و يسمى كذلك الفلورسبار (Flour Spar) وتركيبه الكميائى هو فلورايد الكالسيوم ($CaF_2$). والخام له بريق حاد وقد يكون شفاف أو شبه شفاف، وهو غير متجانس ويتغير اللون فقد يكون بنفسجي أو أخضر أو أصفر أو قرمزى أو أزرق أو بنى أو أسود أو لا لون له. ويوجد الخام فى شكل كتل بلورية (Crystals) أو فى شكل كتل عادية. وقد يوجد الخام ومعه خام الرصاص والفضة أو الزنك أو مع خامات الكاليسيت ($CaCo_3$) والكوراتز والبايريت $BaSO_4$ وقد يوجد بدون اى من هذه الملوثات. والخامات عموماً توجد فى الصخور الرسوبية. والفلوريدات تستخدم فى صناعة الألومنيوم وفى الصناعات المعدنية عموماً لقدرتها على تقليل لزوجة الخبث كما يستخدم فى صناعة السيراميك. توجد آثار من الفلوريد فى كثير من المياه كما توجد التركيزات العالية فى المياه الجوفية. وقد يصل التركيز فى مياه الآبار إلى ١٠ مليجرام / لتر وفى مياه المجارى السطحية إلى حوالى ١ مليجرام / لتر.

ومستويات الفلوريد فى الماء صغيرة تشبة إلى حد كبير نفس المستوى الموجود فى مياه المصدر. وقد تزيد هذه النسبة فى حالة إضافة الفلوريد للماء ليصل تركيز الفلوريد إلى ٠,٦ - ١,٧ مليجرام / لتر لأسباب صحية منها تقوية الأسنان والعظام. ومع تناول لترين من الماء يومياً فإنه يمكن عندئذ تناول ١,٢- ٣,٤ مليجرام فلوريد يومياً من مياه الشرب.

توجد المركبات المحتوية على الفلوريد فى الهواء الناتجة عن العمليات الصناعية وخاصة عمليات صهر الألومنيوم وصناعة الزجاج حيث يصل التركيز إلى عدة مليجرامات / م$^3$ ويعتبر التعرض التام لأقل من واحد مليجرام / م$^3$ مقبول. وفى الغذاء فإن جميع المواد الغذائية تقريباً تحتوى على آثار من عنصر الفلور وكذلك جميع النباتات التى تمتصه من التربة والماء. ويمكن أن يحتوى الشاى

والأسماك وبعض الخضروات على مستويات عالية. فقد يصل التركيز فى بعض الأسماك إلى ١٠٠ جزء فى المليون وفى الشاى أكثر من ضعف هذا التركيز مقارنة بالمواد الغذائية الأخرى التى نادراً ما يزيد محتواها عن ١٠ جزء فى المليون. ويزداد مستوى الفلوريد فى المواد الغذائية المحضرة عند إستعمال الماء المغلى حيث قد يصل إلى الضعف في بعض الصناعات الغذائية. ولا يعتبر التعرض للفلور بالتدخين مصدراً هاماً مقارنة بالمصادر الآخرى. كما يمكن أن يتعرض عامة السكان لمنتجات شتى تحتوى على الفلور مثل معجون الأسنان ومسحوق الأسنان وغسولات الفم ولبان المضغ وبعض الفيتامينات التكميلية والأدوية من الفلوريد الغير عضوى والذى يذوب فى الماء. وعادة ما تضاف هذه المركبات إلى مستحضرات الأسنان بتركيز واحد فى الألف. وقد أظهرت الدراسات أن إمتصاص الفلور يتم بكميات كبيرة عن هذه الطرق، حيث يمكن أن يصل إلى ٥٠ مليجرام فلور لكل غسلة بفرشاة الأسنان. كما توجد الأقراص التى تحتوى على فلوريد الصوديوم المضاد للتسوس والإستعمال المنتظم لهذه الأقراص يصل إلى حوالى مليجرام واحد من الفلوريد فى اليوم.

الفلوريد المتناول مع الماء يكاد يكون إمتصاصه كاملاً أما الفلورايد الغذائى فإن إمتصاصه ليس كاملاً. وفى حالة أغذية معينة مثل الأسماك واللحوم لا يمتص سوى ٢٥ % من الفلوريد. الفلوريد الممتص يتوزع بسرعة فى أنحاء الجسم ويحتجز أساساً فى الهيكل العظمى ونسبة صغيرة فى عظام الأسنان. تتراكم كمية الفلور فى العظام حتى سن ٥٥ سنة. ويقل معدل إحتجاز الفلوريد مع التقدم فى السن ويكون متاحاً للإفراز الكلوى.

كثير من اعراض التسمم بالفلوريد نتيجة إرتباطه بالكالسيوم. وفى الجرعات العالية يكون شديد السميه وتشمل الأعراض المرضية الإلتهاب المعدى المعوى والنزيف والتهاب الكلى الحاد وشتى درجات إصابة الكبد وعضلة القلب. وتبلغ الجرعة المميتة الحادة خمسة جرامات على شكل فلوريد الصوديوم بما يعادل ٢ جرام فلور. وقد تظهر علامات التسمم الأولى مثل القيئ وآلام البطن والغثيان والإسهال. وقد تبين أن المغولية (Mongolism) والسرطان يقترنان بالمستويات

المرتفعة من الفلوريد فى الماء. وتظهر الحساسية من الفلور لدى الملايين من شاربى الشاى أحياناً وخاصة الكميات الكبيرة من نقيع الشاى (المغلى).

وقد نص فى معايير مياه الشرب آلا تزيد نسبة الفلوريدات عن ٠,٨ مليجرام / لتر. وفى مدارس الأطفال حيث بدء ظهور ونمو الأسنان تكون مياه الشرب لهم محتويه على ١,٥ مليجرام/لتر من الفلوريد.

**١٠- المواد الغير عضوية ذات التأثير على الصحة العامة والتى لم ينص عليها فى معايير مياه الشرب والإستخدام المنزلى ، والتى نص عليها فى دلائل مياه الشرب التى أعدتها منظمة الصحة العالمية . وهذه تشمل الفضة ، النيكل ، البريليوم والأسبستوس.**

أ- **الفضة: ٠,٠٩ مليجرام / لتر**

توجد الفضة فى جميع أنحاء العالم ومن خاماتها كلوريد الفضة وكبريتات الفضة وتوجد كذلك فى خامات النحاس والرصاص والزنك. ويعاد إستخلاص كمية كبيرة من الفضة من أفلام التصوير ومحاليل الطبع والتحميض ومن التحف الفنية والصناعات الفضية وصناعات أخرى. وتوجد الفضة فى القشرة الأرضية بتركيز يبلغ ٠,١ جزء فى المليون. وتستعمل الفضة فى سبائك كثيرة وفى مواد اللحام وفى التصوير الضوئى والمعدات الكهربية والطلاء الكهربى بالفضة. كما تستخدم الفضة فى حشو الأسنان من سبيكة مكونة من ٧٠% فضة، ٢٦% قصدير، ٣% نحاس، ١% زنك، كما تستخدم مع الزئبق لتكوين مملغم ( Amalgam)، كما تستخدم بودرة السبيكة (حالياً ترزيز – Atomized) بنسبة ٥%من السبيكة، ٥-٨ جزء من الزئبق.

نسبة الفضة فى الماء الخام او المعالج ترجع إلى مصادر طبيعية أو من الملوثات فى مياه الصرف الصناعى، كما أن تآكل بعض المعادن والسبائك فى شبكات المياه التى تحتوى على آثار من الفضة يزيد من الفضة فى المياه بعد المعالجة. ومحتوى المواد الغذائية من الفضة تافه جداً والإستثناء الوحيد هو "عيش

الغراب" الذى قد يحتوى على أكثر من مائة جزء فى المليون. وشتى الأغذية توفر من ١ - ٨٠ مليجرام من الفضة فى اليوم، وكذلك الخضروات التى تعد بماء يحتوى على الفضة فإنها تمتص الفضة بشكل كبير. والقيم التقديرية لمدخول الفضة من الأطعمة عموماً يتراوح ما بين ٢٠-٨٠ مليجرام فى اليوم. مستويات الفضة فى الهواء منخفضة ولا تزيد عن ٠,٠٥ مليجرام / م٣ والتعرض فى هذه الحالة ليس له تأثير.

لا يوجد دليل على أن الفضة ضرورية لكيان الانسان. وقد سجلت حالات تسمم مميت مع الجرعات المرتفعة. يكمن التأثير الرئيسى للفضة فى إزالة لون الجلد والشعر والأظافر (ظاهرة التفضض) ويحدث نفس الشئ للعمال المعرضين مهنياً للفضة. وليس للفضة علاقة بالسرطان. الكبد والطحال يركزان الفضة كما تؤثر الفضة على ترسيب البروتينات وتعطل بعض النظم الفسيولوجية. معظم الفضة الممتصة تفرغ مع البراز ولا يحتبس فى الأنسجة إلا كميات صغيرة جداً بإستثناء الجلد. منظمة الصحة العالمية حذفت الفضة كملوث لمياه الشرب وذلك لندرة وجودها. ولكن وكالة البيئة الأمريكية أوصت بقيمة دليلة للفضة فى مياه الشرب لا تزيد عن ٠,٠٩ مليجرام / لتر.

**ب- النيكل :**

خام النيكل الشائع هو البنتلانديت وهو أصفر برونزى اللون ويحتوى على ٣٤% نيكل، ويوجد هذا الخام فى مناجم الكبريت والتى تحتوى على كميات كبيرة من الحديد والنحاس مع النيكل. وتوجد انواع أخرى من خام النيكل متحدة مع الكبريت أو الزرنيخ أو السيلكا وهذه تكون قريبة من القشرة الأرضية ولكن بنسب قليلة من خام النيكل مقارنة بخام النيكل فى مناجم الكبريت. ويستخدم النيكل فى كثير من سبائك الصلب وفى سبائك النحاس وخاصة البرونز - ويستخدم النيكل فى الطلاء المعدنى وفى التفاعلات الكيميائية لتنشيطها كعامل وسيط (Catalyst) وفى بعض مبيدات الفطريات. وعند استخدام النيكل فى الطلاء للأوانى المنزلية المستخدمة فى تجهيز الأطعمة قد يسبب بعض التلوث لهذه الأطعمة.

كثيراً من أملاح النيكل تذوب فى الماء ولذلك فإن صرف المخلفات الصناعية السائله الغير معالجة يمكن أن يسبب التلوث لمجارى المياه السطحية والمياه الجوفية. المعالجة التقليدية بالمرشحات تزيل بعضاً من النيكل وهذا يجعل النيكل فى المياه المعالجة أقل منه فى المياه الخام. ويعتبر تركيز النيكل فى مياه الصنبور ٢-٥ مليجرام / لتر مقبولاً إلا أنه يمكن زيادته بسبب الطلاء بالنيكل لبعض مهمات السباكة المنزلية. يوجد النيكل فى معظم المواد الغذائية فقد يصل فى النبيذ إلى ٥٠ مليجرام / لتر. ويبلغ تركيز النيكل فى هواء المدن الصناعية فى الحالة النموذجية إلى حوالى من ١٠-٢٠٠ مليجرام / م$^{٣}$ - وتركيزه فى المياه قد يصل إلى ٠,٢ مليجرام / لتر.

والسجائر تحتوى على ٣ مليجرام من النيكل فى السيجارة على هيئة مركب نيكل متطاير يسمى كربونيل النيكل. ويمكن إستنشاق ١٠ - ٢٠% من محتوى النيكل فى السيجارة. النيكل المستنشق يمتص بنسبة ٥٠% والمبتلع يمتص بنسبة ١% أو قد يزيد قليلاً. ويكاد يكون النيكل ضرورى لتغذية الحيوان ومن المرجح أن يكون كذلك بالنسبة للإنسان. لا يوجد دليل على تراكم النيكل فى الأنسجة فهو يفرغ فى البراز أساساً مع كميات أصغر فى البول كما يمكن أن تفرغ كميات كبيرة فى العرق.

النيكل عنصر غير سام وأكثر الأمراض شيوعاً مع التعرض الصناعى هو إلتهاب الجلد والدوار وضيق التنفس ومشكلات فى الدم والكلى. وقد إعتبر النيكل من العناصر المسرطنة بسبب الإستنشاق ولم تحدد نسب أو معايير للنيكل فى مياه الشرب.

**جـ- البريليوم**

هو العنصر الوحيد خفيف الوزن والذى يذوب عند درجة حرارة مرتفعة حوالى ١٢٧٧° م، ومعدن البريليوم رمادى ويكتسب لمعان قوى لعدة سنوات مع التلميع. البريليوم لا يتأثر بالمياه العادية ولكنه يتآكل بالمياه المحتوية على ٠,٥ جزء فى المليون من الهالوجينات ومنها الكلور الذى يستخدم فى تطهير مياه الشرب.

يوجد البريليوم عادة فى تراكيب خام الفيلد سبار المعدنية (Feldspar). والمصدر الرئيسى للتلوث بالبريليوم فى البيئة هو حرق الفحم وهذا التلوث عادة يكون طفيفاً. وبسبب خفة الوزن للبريليوم وارتفاع مقاومته للشد أصبح له قيمة كمكون فى سبائك خاصة تستخدم فى صناعة مركبات الفضاء ونوافذ الأشعة السينية وبعض مكونات فى الأجهزة الكهربية والمفاعلات النووية. ويدخل البريليوم إلى المجارى المائية عن طريق عوامل طبيعية لتفتت الصخور والغبار الجوى والنفايات الصناعية. ومستوياته فى المياه العذبة بالغة الإنخفاض حيث تصل إلى أقل من ٠,١ مليجرام / لتر، ٠,٢ مليجرام / لتر فى الدول الصناعية . ومحتوى الطعام من البريليوم بين ٠,١– ٠,١٢جزء فى المليون. ومستوى البريليوم فى هواء المدن الصناعية بالغ الأنخفاض ويبلغ ٠,٣ الى ٣ نانو جرام /م$^{3}$. مركبات البريليوم لا يمتص منها سوى ١% فى المعدة أما المركبات المستنشقة فتمتص فى الرئتين وتجد طريقها إلى الدم والمركبات الغير مذابة تحتجز فى الرئتين. البريليوم الممتص إما أن يفرغ فى البول أو يرسب فى الكلى والعظام. وإستنشاق البريليوم مضر للإنسان حيث يحدث إلتهابات فى الأنف والبلعوم والرئة والقصبة الهوائية. ونظراً لعدم إمتصاصه فى المعده والأمعاء فإن سميته منخفضة إلا أن دراسات أجريت تفيد بان إستنشاق البريليوم يحتمل أن يكون من مسببات السرطان للانسان والحدود العيارية الوحيدة للبريليوم فى الماء وهى تلك التى أصدرها الإتحاد السوفيتى، حيث حدد أقصى تركيز مسموح به فى مياه الشرب ٠,٢ مليجرام / لتر.

**د- الأسبتوس**

الأسبستوس مصطلح عام يطلق على خامات السيليكا الليفية. وهذه الخامات تتكون من حوالى ستة عناصر منها السيليكون، ومن خام الأسبستوس أنواع الكريزويتل، الأموزيت والأكتينوليت. وخام الأسبستوس يحتوى على ٥٠-٦٠% سيليكا إلى جانب أكاسيد المغنيسيوم والكالسيوم وغيرها من العناصر. يوجد منجم لخام الأسبستوس فى الصحراء الشرقية فى مصر ولكن هذا الخام لا يصلح للعمليات الصناعية مثل صناعة المواسير من المونة الأسمنتية والأسبستوس والتى تستخدم فى نقل المياه. يدخل الأسبستوس فى المياه الطبيعية نتيجة إزابة المعادن

والصخور المحتوية على خام الأسبستوس وكذلك من ميـــاه الصـــرف الصنـــاعى للصناعات المستخدمة للأسبستوس.

المعالجة التقليدية بالمرشحات تزيل كثيراً من ألياف الأسبستوس إلاأنه قد يصل إلى صنبور المستهلك عند إستخدام مواسير الأسبستوس فى نقل الميـــــاه. يســـتخدم الأسبستوس فى صناعة الصابون الحجرى (Soap Stone) والبيروفيليت المســـتخدم كمادة حاملة لرزاز مبيدات الهوام. كما تستخدم ألياف الأسبستوس كوسط ترشـــيحى فى الصناعات الكيميائية وقد تناقص استخدامه كوسط ترشيحى فى صناعة البـــيرة. وتوجد تركيزات للأسبستوس فى الهواء حوالى ٠,٠٠٠٠٦ مليجـــرام / م$^{٣}$ ويتوقـــف التعرض طبقاً للقرب من المناطق الصناعية المستخدمة للخام أو من مناجم الخــــام. مدخول الأسبستوس من الهواء أكبر منه من الماء. ألياف الأسبستوس تبتلـــــع مـــع الطعام و المشروبات، لم يتأكد أختراق ألياف الأسبستوس لجدار المعدة و الأمعــــاء فى الظروف الطبيعية، إلا أنه وجد أن هذه الألياف قادرة على اختراق جدار المعـدة والأمعاء والوصول الى الدم والأنسجة خلال بعـــض التجـــارب علـــى حيوانـــات التجارب وذلك بعد تناول جرعات عالية تحتوى على ٥% من الطعام لمدة سنتين.

والأسبستوس يمكن أن يرسب فى المسالك الهوائية للجهاز التنفسى بـــــالثقل أو بالعرض ويتحدد الترسيب بالثقل بقطر الليفة وبالعرض بطول الليفـــــة. والمقـــادير الصغيرة من ألياف الأسبستوس تزال بواسطة الأهداب المخاطية. وفي عدة دراسات وجد عدد قليل من ألياف الأسبستوس فى رئة المرضى العاديين. والفرضية القائلـــة بأن ألياف الأسبستوس المتناوله تسبب السرطان لا يمكن إستبعادها كما ينتـــج عـــن التعرض المهني للأسبستوس المنقول بالهواء تليف رئوى وسرطان بالقصبة الهوائية وبالجهاز الهضمى وسرطان المبيض والحنجرة.

وتدل الشواهد بشده على وجود علاقة بين التدخين والأسبستوس فـــي حـــدوث سرطان الحنجرة والقصبة الهوائية. كما أبلغ أن سرطان المعده والأمعاء يمثل ثلـــث الأورام الخبيثة لدى العمال في مناجم وطواحين الأسبستوس. ولم تعلن معايير قـــدر الأسبستوس الملوث لمياه الشرب فى إصدارات منظمة الصحــــة العالميـــة أو فـــى معايير مياه الشرب فى مصر.

جدول (٣) القيم الدليله والمعايير لمواد الغير عضوية ذات التأثير على الصحة العامة

| المادة | دلائل منظمة الصحة العالمية | معايير وزارة الصحة | المادة | دلائل منظمة الصحة العالمية | معايير وزارة الصحة |
|---|---|---|---|---|---|
| الرصاص | ٠,٠٥ مليجرام/ لتر | ٠,٠٥ مليجرام / لتر | النترات | ١٠مليجرام/لتر | ١٠ مليجرام /لتر |
| الزرنيخ | ٠,٠٥ مليجرام/ لتر | ٠,٠٥ مليجرام / لتر | النيتريت | ٠,٠٠٥ مليجرام / لتر | ٠,٠٠٥ مليجرام/لتر |
| السبايند | ٠,١ مليجرام/ لتر | ٠,٠٥ مليجرام/ لتر | الفلوريدات | ١,٥ مليجرام/لتر | ٠,٨ م مليجرام/لتر |
| الكادميوم | ٠,٠٠٥ مليجرام/ لتر | ٠,٠٠٥ مليجرام/ لتر | بريليوم | ٠,٠٠٥ مليجرام/لتر | ٠,٠٠٥مليجرام /لتر |
| اسبلينيوم | ٠,٠١ مليجرام/ لتر | ٠,٠١ مليجرام/ لتر | فضه | – | – |
| الزئبق | ٠,٠٠١ مليجرام/ لتر | ٠,٠٠١ مليجرام/ لتر | الباريوم | – | – |
| الكروم | ٠,٠٥ مليجرام/ لتر | ٠,٠٥ مليجرام /لتر | الأسبستوس | – | – |

# القسم الرابع

# المواد العضوية ذات التأثير على الصحة العامة

## ١- مبيدات الهوام: (Pesticides)

مبيدات الهوام تشمل الهيدرو كربونات المكلورة ومبيدات الحشائش (Herbicides) ومبيدات حشرات التربة (Insecticides) وقد تتراكم مبيدات الهوام فى الغذاء بتركيزات مختلفة فالمبيد د. د. ت يتراكم بيولوجياً فى الأسماك بتركيزات تزيد على عشرة آلاف ضعف الموجودة فى الماء. والعديد من مبيدات الهوام بما فى ذلك المبيدات المستخدمة فى الزراعة ومكافحة الامراض لها خاصية التواجد الحر (Risidue) وقد اوصى بقيم دليلة لهذه المبيدات نظرا لما هو معروف عن وجودها كمتبقى عرضى فى الماء. مبيدات الهوام من الهيدروكربونات المكلورة اعتمد لها مدخول يومى مقبول قدره ١% كأساس لتفادى الاثار المرضية المسرطنة فى مياه الشرب وهذه تشمل:

### أ- الـ د. د. ت

ألـ د.د.ت مركب عضوى من الهيدرو كربونات المكلورة ولا يذوب فى الماء ولكن يذوب فى المذيبات العضوية وقد استعمل فى المواقع العسكرية للحماية من الملاريا والتيفوس والبعوض اثناء الحرب العالمية الثانية ثم استخدم فى الزراعة بعد ذلك ثم توقف استخدامه بسبب مقاومة الهوام له. د.د.ت مبيد حشرى ثابت فى

مختلف الظروف البيئية ويقاوم التحلل الكامل وقد أمكن استخلاص اثار من د.د.ت فى الغبار لمسافة ١٠٠٠ كيلو متر. يمكن ان يزداد التركيز فى المناطق التى تكافح البعوض ببرنامج الضباب (Fogging Programme) ويوجد د.د.ت فى ماء المطر فى المناطق الزراعية وغير الزراعية كما يتوقف تركيزه فى المياه السطحية على تركيزه فى مياه الامطار وفى التربة وعلى طبيعة التربة. الطعام هو المصدر الرئيسى ل د.د.ت فى جسم الانسان حيث اكثر من ٩٠ % من المخزون فى جسم الانسان من د.د.ت مستمد من الطعام ويمتص د.د.ت عن طريق الاستنشاق والابتلاع يبلغ تركيزه فى الدم لدى عامة السكان ما بين ٠,٠١ الى ٠,٠٧ ملجرام /لتر. التاثير الرئيسى ل د.د.ت هو على الجهاز العصبى كما ان الكبد هو العضو الوحيد الذى يتاثر بألـ د.د.ت وقد قدرت القيمة الدليلة التى اعدتها منظمة الصحة العالمية بمدخول يومى مقبول مقداره من صفر الى ٠,٠٠٥ ملجرام / كيلو جرام من وزن الانسان ونصت معايير وزارة الصحة على ٢ ملجرام / لتر فى مياه الشرب.

**ب- الالدرين والدايلدرين: (Dieldrin– Aldrin)**

وهذه المبيدات استخدمت لمعالجة التربة ضد شتى حشرات التربة ولمعالجة البذورواكبر استعمال لها الأن هو مقاومة النمل الابيض والالدرين يتحول بسهولة الى ديلدرين فى النباتات والحيوانات ونادرا ما يوجد كما هو فى التربة والطعام والماء وقد يوجد بتركيز منخفض جدا فى الهواء بينما يصل تركيزه فى مياه الامطار الى ٥ ملجرام / لتر. ويختزن الدايلدرين فى الانسجة الدهنية والعضلات والراس للثدييات والطيور والاسماك حيث قد يصل الى عدة مليجرامات فى الكيلو من الاسماك والموقع الرئيسى لفعل الدالدرين هو الجهاز العصبى المركزى بما يسبب الوفاة فى حالة التسمم الحاد بالاضافة الى ما يحدثه من اورام فى الكبد. والالدرين والدالدرين ليس لهم علاقة باسباب السرطان والمدخول اليومى المقدر من كل من الالدرين والدالدرين هو ٠,٠٠١ ملجرام / لتر فى مياه الشرب.

### جـ- الكلوردين : Chlordine

والكلوردين مبيد حشرى من الهيدروكربونات المكلورة متعددة الحلقات وقد استعمل على نطاق واسع خلال السنوات الماضية لمكافحة النمل الابيض وكذلك كمبيد حشرى للمنازل والحدائق وحشرات التربة عند انتاج بعض المحاصيل مثل الذرة وقد انخفض استعماله قريبا فى الخارج. والكلوردين يذوب فى الماء بنسبة ٩ مليجرام /لتر لم يثبت تلوث الهواء بالكلوردين. يمكن ان يمتص الكلوردين من خلال الجلد فينتج تأثيرات سامة وخاصة بالنسبة للعاملين فى صناعته او المستخدمين له. يعتبر الهواء وماء الشرب مصدرين قليلى الاهمية بالنسبة للكوردين. وهذا المركب يسبب بياض شديد للدم، وهو مسبب للسرطان فى حيوانات التجارب وقد قدر مدخول يومى مقبول لشخص يزن ٧٠ كيلو جرام ٠,٠٧ ملجرام والقيمة الدليلة للكلوردين هى ٠,٣ ملجرام / لتر ونصت معايير وزارة الصحة على نسبة ٠,٢ ملجرام / لتر فى مياه الشرب.

### د- سداسى كلورو بنزين : (Hexa Chlorobenzene)

سداسى كلورو البنزين مادة صلبة بيضاء تذوب بمعدل منخفض فى الماء ولكنها تذوب فى المذيبات العضوية ويوجد كرزاز فى هواء المناطق الصناعية او فى مواقع استخدامه كمبيد كما يوجد فى انواع كثيرة من الاطعمة وفى مياه المصارف ومياه الشرب فى بعض الحالات وكذلك فى لحوم الحيوانات المنتجة للألبان. وقد أجريت دراسات أفادت بأنه مسرطن وذلك لانه يحدث اورام فى الكبد وفى بطانة الاوعية الدموية والدرقية. وقد اوصى بقيمة دليلة لسداسى كلوروبنزين لا تزيد عن ٠,٠١ ملجرام / لتر فى مياه الشرب وقد أصدرت وزارة الصحة المعايير بنفس القيمة.

### هـ- اللندين : Lindane

اللندين مادة صلبة بيضاء (Hexachlorocyclohexane) تنصهر عند درجة حرارة ١١٢°م ويذوب الى حد ما فى الماء بمعدل ١٠ ملجرام / لتر ولكنه اكثر

اذابة فى المذيبات العضوية. اللندين مبيد حشرى ويستعمل على نطاق واسع لمقاومة الطفيليات الخارجية للانسان والحيوان والمبانى والملابس والنباتات والبذور كما يستخدم اللندين فى صناعة الشامبوهات ومقاومة حشرات الرأس وهو يتحلل ببطىء فى المجال اللاهوائى للتربة وقد يستخدم فى المياه من أجل مكافحة الناموس بما يحدث تلوث للمياه وقد يتطاير ويرسب مع مياه الامطار. واللندين يمتص بعد التعرض الفمى عن طريق الجهاز الهضمى أو التعرض الجلدى ويعتبر الكبد والكلى هما الهدف الاول لتاثير اللندين السام بالاضافة الى تاثيرات جانبية سامة اخرى كالغثيان والقئ والتشنجات وضعف التنفس عند استخدامه لعلاج الجرب فى الانسان بجرعات تحتوى على ١٠ جرام فى الكيلو لمستحضرات علاج الجرب. وقد قدرت القيمة الدليلة ٣ ميكرو جرام / لتر من مياه الشرب واوصت معايير وزارة الصحة بقيمة٢ ميكرو جرام / لتر.

### و-الألاكلور : Alachlor

يستخدم كمبيد للحشائش فى زراعات القمح وفول الصويا وهو مادة قليلة الذوبان فى الماء ويمكن حدوث تلوث لمياه المجارى السطحية وكذلك مياه الخزانات الجوفية نتيجة استعمالاته. الألاكلور تم تقييمه كمادة يحتمل ان يكون مسببا للسرطان بالاضافة الى ما يسببه من أمراض العيون والجهاز التنفسى والهضمى وقد اوصى بقيمة دليلة ٠,٠٠٢ ملجرام / لتر وأوصت وزارة الصحة نفس القيمة فى مياه الشرب.

### ز- الديكارب : (Aldicarb)

وهو مبيد حشرى للهوام ويشمل مجموعة من الكيماويات منها (Aldicarb Sulfonate) وهو يستخدم أساسا فى زراعات القطن لمقاومة دودة وآفات يرقات القطن. الديكارب شديد الذوبان فى الماء ويمكن ان يحدث تلوث للمياه السطحية والجوفية من هذه المادة ويعتبر الديكارب اكثر المواد سمية عن باقى المبيدات والتعرض الرئيسى له خلال الاستنشاق لعمال الزراعة. وقد اقترحت وكالة البيئة

الامريكية قيم دليلة لمركبات الديكارب ٠,٠٦ ملجرام/لتر وأوصت وزارة الصحة بألا يزيد عن ٠,٠٠٢ ملجرام / لتر من مياة الشرب.

### ح – أترازين : Atrazine

يستخدم الاترازين كمبيد للحشائش فى زراعات القمح وفول الصويا وهو مركب قليل الذوبان فى الماء وقد وجدت اثار منه فى مجارى المياه السطحية وفى لمياه الجوفية وقد تم تقييم الاترازين كمسبب محتمل للسرطان وقد وضعت منظمة لصحة العالمية قيمة دليلة للاترازين ٠,٠٠٣ ملجرام / لتر وأوصت وزارة لصحة بما لا يزيد عن ٠,٠٠٢ ملجرام فى مياه الشرب.

### ط – الميثوكسى كلور : Methoxychlor

الميثوكسى كلور مرتبط كميائيا بمركب د.د.ت ويستخدم كمبيد حشرى وان اصبح استخدامه شبه معدوم. وهذا المركب قليل الذوبان فى الماء ولكن يوجد فى مياه المصارف واستخدامه الأساسى كمبيد لحشرات المنازل والحدائق وعند التعرض للميثوكسى كلور يصاب الانسان باضطرابات فى بعض الاجهزة الفسيولوجية وقد اوصت منظمة الصحة العالمية بقيمة دليلة مقدارها ٠,٣ ملجرام / لتر كما اوصت معايير وزارة الصحة بقيمة لاتزيد عن ٠,٢ ملجرام / لتر فى مياه الشرب.

### ى – هبتا كلورو ايبوكسيد الهبتا كلور

وهذه المادة بيضاء وصلبة لها رائحة تشبه الكافور. وهى قليلة الذوبان فى الماء بيضاء إلا أنها تذوب فى كثيرمن المذيبات العضوية الغير ايوينه. وهذا المركب مبيد حشرى من الهيدروكربونات المكلورة المسماه بمبيدات حشرات السيكلودين. واستخدم لمكافحة حشرات التربة الزراعية ومكافحة النمل الابيض وللأغراض المنزلية وبعد ان تأكد الأثر السرطانى فى بعض انواع حيوانات

التجارب فقد اوصت لجنة مشتركة من منظمة الأغذيه والزراعة ومنظمة الصحة العالميه بقيمة دليلة لهذا المركب فى مياه الشرب ٠,٠١ مليجرام / لتر.

### ك- ثنائي كلوروفينوكسى حمض الخليك

يستعمل هذا المركب الكيميائى (Dichlorophenpxy Acetic Acid) فى المكافحة للنباتات عريضة الأوراق ويستخدم كذلك كمنظم لنمو النباتات. وقد أبلغ عن تأثيرات ضارة نتيجة التعرض الصناعى منها الإجهاد والصداع وآلام الكبد وفقد الشهية. ويمكن إكتشاف المادة بالطعم والرائحة عند مستويات تركيز تبلغ ٠,٠٥ مليجرام / لتر. وقد أعطيت له قيمة دليلة ٠,٣ مليجرام/لتر فى مياه الشرب.

### ٣- البنزينات المكلورة : (Chlorinated Benzenes) ($C_6H_5CL_X$)

يستعمل أحادى كلوروبنزين كمذيب واسع الانتشار كما يستخدم فى كثير من الصناعات الكيميائية مثل مبيدات الحشرات وصناعة الفينول ($C_6H_5OH$) أما ثنائى كلوروبنزين فهو مادة وسيطة هامة فى صناعة الصبغات. ويستعمل دايكلوروبيزين كمذيب وكمبيد للهواء. ويستعمل ٤،١ دايكلوروبنزين كطارد للعتة ومزيل للرائحة. كذلك يستعمل ٤،٢،١ ترايكلوروبنزين كمذيب وكسائل عازل للكهرباء (Dielectric) وكوسط ناقل للحرارة وكمبيد للحشرات. ومن بين مركبات رباعى كلوروبنزين يستعمل ٥،٤،٢،١ تترا كلوروبنزين كمادة وسيطة فى الصناعات الكيميائية ولإنتاج ترايكلوروفينول. ولا يستخدم بنتا كلوروبنزين. وبعض الكلوروبنزينات الادنى تتكون كمنتج ثانوى عند كلورة المياه. وأحادى الكلوروبنزين مهيج للجهاز التنفسى كما انه مخمد للجهاز العصبي المركزى. ولم تتوفر المعلومات التى تفيد بأنه مسرطن. وقد وضعت القيمة الدليلة لهذا المركب فى مياة الشرب على اساس تأثير الرائحة والمدخول اليومى من مياه الشرب. وقدرت القيمة الدليلة بـ٣مليجرام/لتر.

ويتكون دايكلوروبنزين من ثلاثة مركبات عطرية وهى ٢،١ دايكلوروبنزين، ٣،١ دايكلوروبنزين هما سائلان عند درجة الغرفة بينما ٤،١ دا يكلوروبنزين مادة صلبة. وجميع هذه المواد متطايرة نسبيا والاستعمال الرئيسى للمركب ٢،١

دايكلوروبيزين كمذيب وكعامل وسيط فى تخليق مواد الصباغة ومبيدات الأعشـــاب ومزيلات الشحوم وأهم الاستعمالات هو كمبيد للهوام.

استعمال ٤،١ دايكلوروبيزين فهو كمزيل للرائحة والـــهوام وكمبيـــد حشـــرى وكطارد للعتة. وأما باقى انواع الكلوروبيزينات تكون كمنتج ثانوى فـــى صناعـــة المونوكلوروبيزين ($C_6$ $H_5$ CL). وتصل مركبات الكلوروبيزين عن طريق الجـــهاز التنفسى والهضمى والجلد حيث تمتص، هذه المركبات تذوب فى الماء وفى الدهـون بما يجعل انتشارها عالى فى معظم الأغشية والرئة والمعدة والأمعاء والكبد والكلـــى وتكون الاصابات السامة عن طريق الاستنشاق اساسا والتعرض المهنى وذلك فـــى حالة الاسراف فى الأستخدامات المنزلية.

وكثيرا ما تصل هذه المواد الى المياه الســـطحية والجوفيـــة وميـــاه الشـــرب والأطعمة. أجهزة الجسم المستهدفة من هذه المواد هى الكبد والدم والجهاز الشـــبكى الذى يشمل نخاع العظام ومكوناته المناعية والجهاز العصبى المركزى والمســـالك التنفسية والجلد. ولهذه المواد أعراض سمية عامة مثـــل الضعـــف وفقـــد الشـــهية والغثيان والصرع وأغراض أخرى. ولا توجد أدلة لكون هذه المواد مسرطنة والقيم الدليلة للدايكلوروبيزين ٢،١ هى ٠,٠٣ ملجرام /لتر ٤،١ دا يكلورو بـــيزين هـــى ٠,١ مليجرام / لتر من وزن الانسان ونصت معايير وزارة الصحة على ٢ ملجرام / لتر فى مياه الشرب. وذلك مع الأخذ فى الاعتبار حدود الرائحة لهذة المواد.

## ٣- بيزنيات مكلورة أخرى ذات أسماء تجارية وهى مبيدات للحشائش وللحشرات وهى:

### أ – سيمازين : Simanize

سيمازين مبيد للحشائش ويستخدم لإزالة النباتات المائية والطحالب وفى الحقول لبعض الحاصلات الزراعية. وهو مركب غير متطاير وقليل الذوبان فى الماء يوجد فى المياه السطحية وكذلك يتســرب الى المياه الجوفية ولـــهذا المركـــب تـــأثيرات صحية محدودة ومازالت الدراسة حول كونه مسرطن من عدمـــه علـــى حيوانـــات

التجارب. ولم تحدد له قيمه دليلة. وقد حددت وزارة الصحة معايير السيمازين. فى مياه الشرب الاتزيد عن ٠,٠٢ ملجرام / لتر.

**ب- سيلفكس : Silvex**

سيلفكس مبيد للحشائش واستخدم لإزالة النباتات المائية فى المجارى المائية وقد أُلغى استخدامه فى العالم منذ عام ١٩٧٩ وهو مركب قليل الذوبان فى الماء ويسبب اعراض مرضية مثل ضعف العضلات والارهاق كما ان له تأثير على الكبد والكلى وقد وضعت له معايير وزارة الصحة كحدود قصوى ٠,٠٥ ملجرام / لتر فى مياه الشرب.

**ج - توكسا فين : Toxa phene**

استخدم التوكسافين كمبيد حشرى على نطاق واسع وقد قل استخدامه حاليا لما ثبت من أنه مسرطن لحيوانات التجارب وأعطيت له قيمة دليلة فى مياه الشرب ٠,٠٠٥ ملجرام / لتر ولم يرد ذكره فى معايير وزارة الصحة الخاصة بالملوثات فى مياه الشرب.

## ٤- كيماويات أخرى

**أ- الفينولات المكلورة والبنتاكلوروفينول (Chlorinated Phenols)**

يستخدم خماسى كلورو فينول على نطاق واسع كمبيد للفطريات ولحفظ الاخشاب. وهو مادة صلبة تتصهر عند عند١٩٠° م وهو قليل الذوبان فى الماء عند درجة الحرارة العادية. يمتص خماسى كلوروفينول من خلال الجهاز الهضمى ومن الجلد. وتبلغ الجرعة المعوية القاتلة ٢٧ ملجرام / كيلو جرام من وزن الانسان. وأعراض التسمم غزارة العرق والعطش وارتفاع فى الحرارة وسرعة النبض والتنفس. وقد يحدث تليف فى الكبد والكليتين وحسبت له قيمة دليلة ٠,١ ملجرام / لتر فى مياه الشرب. وهذا المركب هواحد مركبات الفينولات المكلورة التى قد

توجد فى مياه الشرب نتيجة تلوث مصادر المياه الخام او نتيجة كلورة المياه المحتوية على مركبات فينولية. يمكن ان توجد الفينولات المكلورة فى المياه الخام نتيجة افراغ الصرف الصناعى الغير معالج من عمليات تقطير الكوك وصناعة البتروكيماويات والعديد من الصناعات المستخدمة لمادة الفينول ($C_6H_5OH$) كمادة وسيطة. عند كلورة المياه المحتوى على ملوثات من مادة الفينول تكون نواتج التفاعل الرئيسية ٢ أو ٤ مونوكلوروفينول، ٤ دا يكلورفينول ٢,٤,٦ ترايكلوروفينول وتنتج مادة ٢،٤،٥. تراى كلورفينول كمبيد للفطريات،٢،٤،٦ تراى كلورفينول كمطهر. والاستعمالات الرئيسية ٢،٣،٤،٦ تتراكلوروفينول كمبيد للحشرات لحفظ الاخشاب ويمكن ان تحتوى المياه الخام السطحية والجوفية على الفينولات المكلورة وان كان مؤشر وجود هذه الكيماويات فى الماء هو التغيير فى الطعم والرائحة ولكن يجب عدم الاعتماد عليها كلية. وتوجد الفينولات المكلورة فى الطعام نظرا لاستخدامها كمطهرات فى صناعة الألبان وقد توجد كذلك فى مياه الشرب المكلورة المحتوية على ملوث الفينول ولهذا فقد نصت المعايير التى اصدرتها وزارة الصحة بخصوص صرف المخلفات السائلة على المجارى المائية العزبة الا يزيد تركيز الفينول عن ٠,٠٢ ملجرام / لتر. ويوجد الفينول فى مواد الحماية للمواسير من التأكل مثل مادة الكولتار والكولتار إيبوكى ولهذا يلزم الحذر وعدم استخدام هذه المواد للحماية الداخلية لمواسير نقل المياه حيث فى مثل هذه الحالات يتفاعل الكلور الحر مع الفينول الموجود فى مادة القار مكونا مادة الكلور فينول الضارة وذات الرائحة الغير مقبولة هذا بالأضافة الى تلف طبقة الحماية من الكولتار لفقد مادة الفينول منها. ونظرا لان هذه الملوثات من الفينولات المكلورة بعضها يصل الى المعدة عن طريق الطعام وبعضها عن طريق الاستنشاق ليصل الى الجهاز التنفسى. ولتفادى اثارها السلبية على صحة الانسان بعد ان ثبت على حيوانات التجارب زيادة حدوث معدل الاورام وأبيضاض الدم واصابات فى نسيج نخاع العظام والسرطانات الكبدية واورام الغدد ولهذا كانت التوصية بقيمة دليلة لهذه الملوثات من الفينولات المكلورة لتكون ٠,١ ملجرام / لتر فى مياه الشرب.

### ب- الإندرين : Endrine

الأندرين من مجموعة المبيدات مثل الألدرين والكلوردين والهبتاكلور وهو مبيد حشري شائع الاستعمال قليل الذوبان فى الماء. الاندريـــن مثـــل بـــاقى المبيـــدات المكلوره حيث يتراكم فى المواد الغذائية وقد اوقف استعماله فى الولايات المتحـــدة الامريكية منذ عام ١٩٧٦ وقد يوجد فى الماء وله اثار ضارة على الصحة العامـــة ولم تحدد له قيم دليلة لكونه غير مسرطن.

### ج- ايبوكلوروهيدرين : Epichloro hydrin

وهو مركب من الالكيلات المكلورة ويستخدم فى صناعة المروبات المخلقة كما يستخدم فى صناعة راتنجات الإيبوكسى بتفاعله فى ظـــروف خاصـــة مـــع مـــادة البنزوفينول كما تستخدم هذه المادة كمذيب للراتنجات والبويات والمواد الصمغيـــة واللاكيهات وهو مركب قليل الذوبان فى الماء وهو يمتص بسرعة ويتراكم فى الكبد والكلى والبنكرياس كما أن التعرض بالنســبة للمستخدميــن يســبب حساسـية للعيــن والحنجرة والصداع وصعوبة التنفس وهذا ينتهى بتلف الكلـــى وقـــد ثبتـــت اثـــاره المسرطنة مع الاستنشاق او الابتلاع وقد تحددت له معايير فى مياه الشرب صفـــر مع اخذ الاجراءات الفنية اللازمة عند استخدامه كمروب فـــى بعـــض الصناعـــات الغذائية.

### د- رابع كلوريد الكربون : Carbon Tetrachloride

يستخدم رابع كلوريد الكربون فى حماية البذور وفى اطفاء الحرائق ومذيب فى استخدامات النظافة الجافة. وهو قاتل عند استنشاق ٢سم$^{٣}$ منه. وهذا المركب يحدث امراض للدم والكلى مع احتمال كونه مسرطن للانسان طبقا للنتائج التـــى اجريـــت على حيونات التجارب وذلك مع احتمال تغير فى انزيمات الدم ومرض النقـــــرص ويحدث التلوث للمياه الخام نتيجة تلوثها بسوائل الصرف الصناعى ومياه النظافـــة من المغاسل الجافة واوصى بقيمة دليلة من صفـــر إلـــى ٠,٠٠٥ ملجـــرام / لـــتر واوصت معايير وزارة الصحة بقيمة ٠,٠٠٢ ملجرام / لتر فى مياه الشرب.

## ٥- احماض الخليك المهلجنة

### أ- ثنائى كلورو حامض الخليك : Dichloro Acetic Acid

يذوب فى الماء ويستخدم كمادة وسيطة فى بعض الصناعات الدوائيـــــة وفـــى بعض الصناعات الكيميائية الاخرى وله اثار ضارة على هيموجلوبين الدم وامراض العيون وضعف الاطراف وألام الرأس ولم يثبت انه مسرطن ويصل الى المـــــوارد المائية عن طريق الصرف الصناعى الغير معالج.

### ب- ثلاثى كلورحامض الخليك : Trichloro Acetic Acid

يستخدم مبيد للحشائش كما يستخدم فى كثير من الصناعات الدوايئة وهو ســـــام لحيوانات التجارب ولم توضع له قيمة دليلة.

### ج- الأسيتونيترالات المهلجنة : Haloacetonitriles

هذه تشمل كلورو أستيونتيريل، ودايكلوروواسيتوينتريل، ترايكلوروواستيو ينتريل، كلورو برومو أستيو نتيريل، دايبرومو استيوينتريل. وهـــذه المركبـــات الكيميائيـــة تستخدم كمبيدات حشرية وكمبيدات للفطريات ولها تأثير على الرئة والكبد والكلـــى كما تقلل من الكوليسترول فى الدم. ولم تحدد لها قيم دليلة او معايير.

## ٦- الميثانات المكلورة : ( الترايهالوميثان ) Trihalomethanes

توجد ميثانات الهالوجينات الأربع (الكلور، الفلور، البروم، اليود) فى مركبـــات شائعة هى الكلوروفورم والديكلوروبرومو ميثان والدايبروموكلوروميثان والـــبرومو فورم. يمكن أن يصل مجموع هذه الميثانات المكلوره أو المهلجنة فى مياة الشـــرب إلى ١٠٠ ملجرام / لتر. وقد تأكد أن الكلوروفورم يسبب السرطان فـــى حيوانـــات التجارب. توجد الميثانات ثلاثية الهالوجين فى الماء نتيجة التفاعل بيـــن الكلـــور أو الوجود العارض لأيونات البروم مع المواد العضوية المذابة فى الماء. ومـــن هـــذه

الهالوجينات الثلاثية التى تتكون نتيجة وجود الكلور فى الماء الترايكلوروميثان. (Trichloromethane) والذى يزداد تركيزة مع زيادة درجة الحرارة والرقم الهيدروجينى. وكذلك مادة الكلوروفورم الذى هو مخمد للجهاز العصبى المركزى ويؤثر على وظائف الكبد والكلى. والتأثير الفورى للكلورفورم هو فقد الوعى ثم الوفاة. وتعتبر الجرعة المميتة ٠,٦٣ جرام/كيلوجرام وزن الإنسان. وتناول مقدار صغير ٠,٤ جرام يسبب تهيج معوى وزيادة فى إنقباض الإمعاء وكذلك التخدير الموضعى فى القناة المعوية. ولا توجد سوى معلومات ضئيلة عن التأثيرات السامة للميثانات ثلاثية الهالوجين الأخرى إلا أنه لوحظ الاقتران بين معدل وفيات سرطان المثانة ومستوى الميثانات ثلاثية الهالوجين. وقد أوصى بقيمة دليلة للميثانات المكلورة ٠,١ ملجرام / لتر وأهمها هو الكلورفورم الذى يوجد فى مياة الصرف الغير معالج لصناعة الايروسولات والمبردات وكمذيب ولمقاومة الحشرات وصناعة المطاط والزيوت والراتنجات.

# القسم الخامس

## الاشعاعات النووية : Radionuclides

الاشعاعات النووية عبارة عن ذرات مشعة و التى عند انقسامها تنطلق الطاقة (النشاط الاشعاعى) والطاقة المتولدة تكون فى أحد من ثلاث اشكال و هى:

* اشعاعات الفا وهى تتكون من عدد كبير من نواة الهليوم.
* اشعاعات بيتا وهى تتكون من الكترونات اوبروتونات.
* اشعاعات جاما وهى عبارة عن اشعة مغناطيسية مشابهة لاشعة اكس.

وأى من هذه الاشاعات الثلاث له تأثيره على جسم الانسان فأشعة الفا ذات السرعة العالية التى تصل الى ١٠ مليون متر فى الثانية وهى مدمرة عند ابتلاعها واشعة بيتا لها سرعة تماثل سرعة الضوء ونظرا لصغر كتلتها فانها ذات قدرة اختراق اكبر ونسبة تدمير اقل من أشعة الفا وأشعة جاما لها قدرة اختراق عالية ولكن تاثيرها محدود عند المستويات المنخفضة.

والإشعاعات تقاس بوحدات الكورى (ci) والرادز (rads) أو بالرمز رمز (rems) وحدة الكورى تساوى ٣,٧ × ١٠^١٠ تحركات ذرية فى الثانية. جرام واحد من الراديوم له نشاط واحد كورى وبالمقارنة فان واحد جرام من اليورانيوم ٢٣٨ = ٠,٣٦ ×١٠^-٦ كورى والراد هو مقياس للجرعة الممتصة فى الانسجة أو المادة، وراد من جسيمات الفا يسبب تدمير أكثر من راد من جسيمات بيتا. الرم (Rem) هو مقياس لتأيثر الجرعة الاشعاعية فالاشعاعات المتساوية عند تقييمها

بالرم تحدث نفس التأثير البيولجى بصرف النظر عن نوع الاشـــعاعات المؤثـــرة. وخروج اشاعات الفا وبيتا من العنصر يؤدى الى عنصر اخر بينما لايحدث ذلـــك عند خروج جاما. والعنصر المشع الذى يتحول ويتآكل يسمى النظير او الايزوتـوب (isotope) او الاب او الاصل (Parent) والعنصر الجديد يسمى بالمولود او النـــاتج (prcgny). تتأكل النظائر المختلفة بمعدلات مختلفة. نصف العمر للنظير المشع هـو الزمن اللازم لتأكل نصف عدد الذرات الموجودة ويتراوح ما بين ملاييـن السـنين الى ملايين الثوان. النظائر ذات نصف العمر الاطول لديـها نشـاط اقـل (مقيـم كوحدات الكورى) والنظائر ذات النصف العمرى القصير جدا ليست هامـة لانـها لاتؤثر على شبكات توزيع المياه ولاتحدث بها اى تحول. النشاط الاشـــعاعى قـد يحدث فى المياه اما طبيعيا او صناعيا بفعل الانسان والإشعاعات الطبيعية ترجـــع لوجود عناصر فى التربة أو من الاشعة الكونية (Cosmic) المنتشرة فى الفضـــاء امـا الاشعاعات بفعل الانسان تعودالى ثلاث مصادر وهـى الانشـطار النـووى مـن التجارب النووية، الاشعاعات من المستحضرات الطبية وكذلك امتـلاك واسـتخدام الوقود النووى. وتوجد اكثر من مائة نوع من الاشعات النووية بفعل الانسان فـــى المياه ولكن لم يستدل منها إلاعلى الاسترنشيوم والتريتيوم وتشمل سلســلة التـأكل الطبيعى اشعاعات الفا بينما سلسلة التأكل بفعل الانسان تفتقد الى اشعاعات الفا مـــع بعض الاستثناءات البسيطة مثل (الامريكين ٢٤١ البلوتنيوم ٢٣٩) ويستقبل الانسان جرعة بسيطة مقدارها ٢٠٠ مليريم من جميع المصادر.

وقد قدرت وكالة البيئة الامريكية ان مياه الشرب تمثل من ٠,١ الى ٣ % مـن الجرعة السنوية للشخص الواحد. وقد تؤثر الظروف المحلية علـــى هـذه النسـبة وتوجد مصادر لمياه الشرب توفر جرعة سنوية مؤثرة تعادل ١٠٠ مليون ريم فـى العام. وطبقا للتأثيرات الصحية والتواجد فى الماء فان المواد المشعة ذات العلاقـــة الاكيدة هى راديـوم ٢٢٦، راديوم ٢٢٨، يورانيوم ورادون ٢٢٢. وهـــذه كلـها نظائر مشعة موجود فى الطبيعة والراديوم ٢٢٨ باعث لاشعة بيتا والتـــى تتـآكل نتيجة سلسلة من السلالات الباعثة لاشعة الفا بينما البـاقى جميعـا بـاعث للالفـا واليورانيوم الطبيعى يحتوى على اليورانيوم ٢٣٤، يورانيوم ٢٣٥ يورانيـوم ٢٣٨ ولكن يمثل يورانيوم ٢٣٨ حوالى ٩٩,٢٧% من النسبة الكلية لليورانيوم الطبيعـى.

النشاط الاشعاعى له تأثير مباشر على جسم الانسان وكذلك تأثير بعيد المدى او الوراثى والذى يؤثر فى نسل الشخص المعرض. والتأثيرات الجسمانية تشمل السرطنة وترجع الآثار المسرطنة للاشاعات الفا وبيتا وجاما على الخلية الى تحلل مكونات الخلية وحدوث تغييرات غير عادية. وتعتبر كل المواد المشعة مسرطنة. ورغم هذا فان هدفها يختلف حيث يتعامل الراديوم ٢٢٦ مع العظام والراديوم ٢٢٦ مع الراس اما الراديوم ٢٢٢ فهو غاز يمكن استنشاقه او الوصول الى الامعاء وتوجد علاقة بينه وبين سرطان الرئة. واليوانيوم مثل الراديوم يتراكم فى العظام وغير مسرطن وان كان هناك اتجاه لاعتبارهما مسببان للسرطان. اليورانيوم سام ويسبب الفشل الكلوى. المعالجة لمياه الشرب فى حالة التعرض الزائد للراديوم هى فى عمليات ازالة العسر باستخدام الصودا الجير (Soda-Lime process) او بالتبادل الايونى او التناضح العكسي (Rererse-Osmosis) وبالنسبة للرادون الذى يوجد فى الطبيعة فى بعض الخزانات الجوفية فان التهوية للمياه الجوفية تحقق نسبة ازالة عالية والمعالجة التقليدية بالمرشحات باستخدام المروبات تحقق ازالة مقبولة كذلك بالنسبة للراديوم ولذلك يجب التخلص الامن من الروبة (Sludge) الناتجة عن معالجة المياه بالمرشحات وكذلك راتنجات التبادل الايونى المستهلكة بطريقة تتفق مع معايير السلامة البيئية والتى حددتها منظمة الصحة العالمية للراديوم ٢١٦ ـ ٣ × $١٠^{١١}$ كورى والاسترنشيوم ٩ – ١٠ × $١٠^{١٢}$ كورى.

# القســـم السادس

# الملوثات من الكائنات الحية الدقيقة

## مقدمـة :

إن أكبر الاخطار المصاحبه لمياه الشرب انتشاراً هو التلوث المباشر او الغـــير المباشر بمياه الصرف الصحى او غيرها من الملوثات التى تحمل غائط الانســـــان أو الحيـــوان أو الطيور اى ذوات الدم الحار (Warm Blooded Animals). فـــاذا كان هذا التلوث حديثا وكان من اسهم فيه حمله الأمراض المعديـــة الســـارية فـــإن شرب المياه الملوثة على هذا النحو أو استعماله فى إعداد أطعمة معينة قد ينجم عنه حالات من العدوى والأوبئة.

والتلوث الغائطى لمياه الشرب يعمل على ادخال كثير من الامراض المعديـــة – الجرثومية والفيروسية والطفيلية والذى يرتبط وجودها بما هو موجـــود فـــى ذلـــك الوقت فى المجتمع المحلى من الأمراض التى تسببها هذه الكائنات ومصادرها كمـــا هو فى الجدول الموضح. والذى يشـــمل انـــواع البكتريـــا والفيروســـات المعويـــة والبروتوزا والطحالب.

جدول ( ٤ ) الكائنات الحية الدقيقة والامراض التى تسببها ومصادرها

| انواع الكائنات الحية الدقيقة | الامراض التى تسببها | المصادر الرئيسة لهذه الكائنات |
|---|---|---|
| **البكتريا**<br>سالامويتلا<br>الشيجيلا<br>انواع اخرى | حمى التيفود و البارا تيفود الكوليرا<br>والدسنتاريا<br>امراض معوية وتنفسية و رئوية | غائط الانسان الحامل للمرض<br>غائط الانسان الحامل للمرض<br>غائط الانسان والحيوان |
| **الفيروسات**<br>أنواع مختلفة من الفيروسات | تسبب امراض شلل الاطفال والالتهاب السحائى وامراض الجهاز الهضمى وامراض الجهاز التنفس والتهاب معوى والتهاب كبدى وبائى | غائط الانسان |
| **البروتوزوا** | التهاب المخ والتهاب سحائى والدسنتاريا، الالتهاب المعوى، امراض معوية | غائط الانسان و الحيوان |
| **الطحالب** | امراض النزلات المعوية | المياه الطبيعية |

وكذلك قد تسبب كائنات حية دقيقة اخرى توجد بشكل طبيعى فى البيئة ولا تعتبر من الممرضات أمراضا عرضيه يغلب انتشارها بين من يعانون من اختلال فى مراكز المخ والأرجح أن يكون ذلك مع المتقدمين جدا فى السن والاطفال الصغار. ومن هذة الامراض امراض الجلد والاغشية المخاطية للعين والانف والاذن والحنجرة.

وتشمل طرق نقل الممرضات من الكائنات الحية الدقيقة. تناول المياه والاطعمة الملوثة ومخالطة المرضى من الانسان او الحيوان. وتختلف أهمية الماء فى انتشار العدوى المعدية اختلافا كبيرا طبقا لنوع المرض والظروف البيئية وعلى الرغم من أن مرض الدسنتاريا والامراض المعويه الاخرى الذى تنقله بكتريا الشجيلا قد ينتقل من شخص إلى أخر فى الظروف المعيشية المزدحمة. الكوليرا

تنتقل عن طريق الماء وحمى التيفود والبارا تيفود تنقلها بكتريا السلامونيلا عن طريق الطعام.

ويوجد مدى واسع من المستويات الصغرى للجرعة المعديه اللازمة لاحداث العدوى عند الانسان فان قدرا ضئيلا من بكتريا السلامونيلا الحاملة يسبب عند تناولة مرض التيفود وكذلك يختلف حجم الجرعة المعديه لدى مختلف الأشخاص تبعاً للسن والحالة الصحية وقت التعرض.

ويجب ان يؤخذ في الاعتبار العوامل الاخرى للإنتقال غير مياه الشرب نظرا لأن استخدام ماء الشرب المأمون فى حد ذاته لا يمنع العدوى بالضرورة دون أن يصاحب ذلك تحسن فى السلوكيات والعادات الشخصية بما يعطى ضرورة هامة بالتعلم البسيط لحفظ الصحة.

## ١- أنواع الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض

### أ - البكتريا

البكتريا كائن حى وحيد الخلية وليس له معالم النواه وهذه الخلية خالية من الكلورفيل وتتكاثر بالإنقسام. والبكتريا تستطيع ان تتشكل فى جميع الصور فمن مجرد الشكل المستدير الى المستطيل وكذلك ذات الاطراف التشعبية وتسبب بعض انواع البكتريا امراض كثيره وخطيره للانسان والبكتريا الخاصة بمياه الشرب هى الشيحيلا والسلامونيلا والفيبرو كوليرا.

### ب - الفيروسات

الفيروسات ليست خلايا ولكنها أجسام بروتينيه تحيط بحامض نووى (Nucleic- Acid) ومن خصائص الفيروسات انها تعتمد كليا على الخلايا الحيه فى التكاثر. ويوجد اكثر من ١٠٠٠ نوع من الفيروسات منها مجموعة الفيروسات المعوية التى تصيب الجهاز المعوى للانسان واحيانا الحيوان نتيجة التلوث بافرازات الانسان او الحيوان الحامل للمرض واهم هذه الفيروسات فى مياه الشرب

هو فيروس الالتهاب الكبدى الوبائى. وعملية التعرف على الفيروسات بالتحاليل المعملية المختلفة ليست سهلة. الفيروسات تزال بنسبة كبيرة جدا فى عمليات معالجة المياه بالمرشحات. حيث تزال مع الاجسام العالقة والتى تختبئ فيها الفيروسات. فيروس الالتهاب الكبدى الوبائى اكثر مقاومة لعملية التطهير بالكلور مع زيادة زمن المكث (Contact-time) وزيادة الجرعة وهناك العديد من الفيروسات منها فيروس الانفلونزا، وشلل الأطفال، الإيدز، التهاب الدماغ، امراض جلدية... الخ.

### ج – البروتوزوا

هى كائنات حيه وحيدة الخلية وليس للخلية جدار وهى دائمة الحركة وتوجد أنواع كثيره منها وتسبب البروتوزوا أمراض للإنسان. ومن بين البروتوزوا الضارة الجياردا لاميلا، الانتاميبا هستولبيكا. والجياردا طفيل وحيد الخلية يتحرك بالاسواط ويعيش فى الامعاء الدقيقة والغليظة للانسان ويبلغ طواله ٩-١٦ ميكرون عرضة ٩-١٢ ميكرون وتحدث الأصابة به نتيجة ابتلاع الطور المعدى وهو الطور المتحوصل (Cyst) عن طريق شرب الماء أو الطعام الملوث. والجياردا تحدث أضطرابات فى القناه الهضمية. أما الأنناميبا هستوليبكا المعروفة بالدوسنتاريا الأميبية فهو ضئيل مجهرى يبلغ قطره ٢٠ - ٤٠ ميكرون ويتكون من خلية واحدة وتحدث الإصابة عند تناول الأنسان ماء أو طعام ملوث ويأخذ الطفيل الذى يعيش أساسا فى الأمعاء الغليظة للإنسان فى مهاجمة الغشاء المخاطى المبطن للأمعاء الغليظة ويفرز خمائر تذيب جدار الأمعاء، ويسبب أمراض للأمعاء والكبد والغشاء البريتونى. وعمليات المعالجة بالمرشحات تزيل كلامن البروتوزوا بانواعها والحويصلات (Cysts) بكفاءة تصل الى ٩٩% وخاصة اذا كانت قياسات العكارة أقل من واحد نيفيلومترى.

### د – الديدان

اكتشفت انواع كثيرة من بيض الديدان ويرقاتها فى مياه الشرب وهى تنتقل بطرق أخرى غير مياه الشرب الى جسم الانسان ويمكن ليرقة واحدة ناضجة او بيضه مخصبه أن تحدث العدوى ولذلك يجب أن تكون مياه الشرب خالية منها

جميعاً ويمكن تحقيق ذلك على أفضل وجه بحماية المصدر المائى من التلوث الغائطى وهذه الديدان لايمكن عمل الفحص الروتينى لها. أما إذ وجدت طريقها إلى المياه الخام فإنها تزال بنسبة عالية عند المعالجة بالمرشحات وخاصة عند إستعمال مرشحات الرمل البطيئة فى حين ان جميعها مقاومة نسبيا للكلور لاسيما دودة الاسكارس.

**هـ – الكائنات حرة العيش : Freeliving Organisms**

وتشمل الكائنات حرة العيش ذات الاهمية بوجه عام فى امدادات المياه العوالق (Plankton)، اللافقريات الكبرى. وتتكون العوالق من كائنات عالقة فى الماء منها العوالق النباتية والعوالق الحيوانية. أما العوالق النباتية فتشمل الجراثيم والفطريات والطحالب حرة العيش ذات الكلوروفيل والتى تنمو بالتمثيل الضوئى ولها الوان مختلفة وهى ذاتية التغذية وتتكون من خلية واحدة أو مستعمرة من الخلايا وتكون متحركة او غير متحركه. الفطريات والجراثيم غير ذاتية التغذية الى حد كبير. والعوالق الحيوانية تتكون من البروتوزوا وكائنات اخرى كثيرة وتشمل كذلك يرقات بعض الحشرات المائية والاسماك فى اطوار حياتها الاولى.

وكائنات العوالق لها اهميتها فى المياه لأنها تتداخل مع عمليات المعالجة للمياه وتنتج مواد سامة للانسان وتحمى وتأوى الجراثيم الممرضة وتفرز مواد عضوية يمكن ان تتحد مع الكلور فى الماء مكونه مواد عضوية مكلورة (الهالوميثانات المكلورة). وقد تثير الطحالب مشكلات بسبب وجودها فى مجارى المياه السطحية وكذلك فى خزانات المياه المعالجة والمعدة للشرب والاستخدام المنزلى وكذلك يمكن ان توجد هذة العوالق فى ابار المياه السطحية المكشوفة.

وبعض الطحالب له تأثير على الصحة العامة وتوجد الانواع السامة فى مجموعتين هما الخضراء التى تميل إلى الإصفرار والخضراء التى تميل إلى الزرقة والتى هى أكثر سمية. المواد السامة التى تطلقها الطحالب قد لا يوقف تأثيرها عمليات المعالجة بالمرشحات وإستخدام الكلور. كذلك لم تنجح عمليات المعالجة فى حالة إستخدام الكربون المنشط. الطحالب الخضراء التى تميل إلى

الزرقة تسبب إلتهاب المعدة والإمعاء كما يمكن أن تكون مصادر الكيماويات التي تتحد مع الكلور مكونة الميثانات المكلورة. وجود الطحالب فى إمدادات مياه الشرب غير مقبول من الناحية الجمالية، وقد تتداخل الطحالب مع معالجة المياه بزيادة الكلور المطلوب فتسبب مشكلات تتعلق بالطعم والرائحة وانسداد فى المرشحات بما يقلل من كفاءتها.

وقد يشكل نمو الطحالب النباتية أو الحيوانية مصدرا طبيعيا للرائحة والطعم، وفى المياه السطحية تمثل الطحالب المشكلة الرئيسية بينما قد تتكاثر الأشكال الحيوانية فى المياه السطحية وفى خزانات المياه وكذلك فى شبكات المواسير. وكثيراً من الطحالب يفرز زيوتا عند نشاطها التنموى أو عندما تتحلل خلاياها الميتة وهذة الزيوت تضيف مزاقا ورائحة للمياه بالإضافة إلى ما تسببة من أمراض معوية للإنسان وأمراض الحساسية وكذلك فإن تكاثرها له تأثير كبير على الثديات والطيور والأسماك حيث يمكن أن تؤدى إلى الوفاه أو المرض. ونظرا لما تسببه الكائنات حرة العيش من تأثيرات ضارة بالصحة ومشاكل خاصة بالمذاق والرائحة والشكل الجمالى للمياه، ولم يتم التوصل الى معايير بخصوصها. لذلك فإنه يوصى بازالة الكائنات حرة العيش من مياه الشرب حيثما كان ذلك ممكنا، ويتم ذلك بحماية المصدر المائى وإتخاذ اجراءات جيدة لحماية المصدر ومعالجة المياه وتنظيف الشبكات ومراقبة نوعية المياه.

## ٣- الكشف عن تلوث المياه بالكائنات الحية الدقيقة

ان التعرف والعزل لكائنات حيه دقيقة معينة هو خارج إمكانيات معظم معامل محطات إنتاج مياه الشرب ولذلك فإن حماية الصحة العامة تتم من خلال التطبيق الجيد لتقنيات المعالجة. ونظرا للصعوبات الفنية ولان الكائنات الحية المسببة للامراض قد تكون بكميات قليلة جدا مقارنة بباقى الكائنات الحيه الدقيقة الموجودة فى الماء لذلك استخدمت بعض انواع الكائنات الحية الدقيقة كمؤشر لقياس اثر عمليات المعالجة اى تقييم كفاءة عمليات المعالجة وصلاحيتها لمياه الشرب والمهمة

الاولى للكائنات الدقيقة كمؤشر هو توفير دليل للتلوث الغائطى الحديث من ذوات الدم الحار. ومعايير استخدام الكائنات الحية الدقيقة كمؤشر هى:

١- أن يكون هذا الكائن الحى الدقيق موجودا دائما طالما وجدت كائنات حيه ممرضة.

٢- أن يكون موجودا فى المواد الغائطية بكميات كبيرة.

٣- ألا يكون موجودا فى المياه النظيفة والغير ملوثه بكائنات ضارة.

٤- أن يتاثر بالظروف البيئية وبعمليات المعالجة بنفس الدرجة التى تحدث للملوثات من الكائنات الدقيقة الممرضة.

٥- ان تكون النسبة بين الكائن الدقيق المؤشر الى الكائنات الدقيقة الممرضة عالية.

٦- ان يتوفر كلا النوعين من الكائنات الدقيقة المؤشر والمرضه فى مصدر واحد وقد تم تقييم للكائنات الدقيقة كمؤشر وذلك لكل من الكائنات القولومية (Coliform) الكلية والقولونيات الغائطية (Fecal Coliform).

٧- أن يكون من السهل عزلة والتعرف علية وعدة.

وقد ثبت مناسبة استخدام الكائنات القولونية الكلية كمؤشر.

**أ- البكتريا القولومية الكلية : Total Coli Form**

وهذه تشمل جميع البكترياً الهوائية والمختلطة ذات الشكل العصوى والتى تخمر اللاكتوز مع تكوين غازات عند درجة حرارة ٣٥° م لمدة ٤٨ ساعة. والقولونيات الكلية تشمل بكتريا الاشريكية القولونية (E.Coli) والتى هى متعددة فى غائط ذوات الدم الحاربالاضافة الى انواع اخرى موجودة بكثرة فى مياه الصرف معظم مصدرها التربة والنبات.

ولايوجد كائن حى وحيد دقيق يصلح كدليل او مؤشر لوجود البكتريا سوى البكتريا القولونية، وسلبيات القولونية الكلية هو اعادة نموها فى الماء وكذلك فى حالة وجود البكتريا الممرضة (Hepatitis) باعداد كبيرة فانها تعيق نشاط البكتريا القولونية. واخيرا فقد يبدو ان عددا من الكائنات الجرثومية الممرضة تكون اكثر مقاومة من الكائنات القولونية سواء اثناء المعالجة للمياه او فى المياه الطبيعية وخاصة حويصلات البروتوزوا (Cysts) والفيروسات الممرضة. ورغم هذة السلبيات فان قياس القولوينات الكلية كمؤشر مازال اكبر دليل مفيد وعملى عن النوعية البكتيرية لمياه الشرب وأن عدد القولونيات فى المياه يمكن عده.

### ب – البكتريا القولوثية الغائطية ( Fecal Coliform)

أن وجود البكتريا الغائطية يعطى دلالة على وجود البكتريا الممرضة الغائطية ( fecal pathogens) أكثر من البكتريا القولونية الكلية. والبكتريا الغائطية هى أحد مكونات البكتريا القولوينة الكلية ويمكن التعرف عليها بعمل إختبارات ارتفاع درجة الحرارة (٤٣° -٤٤,٥°م). ورغم ان هذا الاختبار يعطى دلائل بوجود البكتريا ذات المصدر الغائطى الا انه لا يميز بين مصادر التلوث سواء كان آدميا او حيوانياً. عدد البكتريا القولونية الغائطية اقل من عدد البكتريا القولوينة الكلية، وهى ليست مستعمله كمؤشر لمعايرة التلوث فى المصدر المائى او كفاءة التطهير او التلوث بعد المعالجة النهائية.

### ج – العقديات الغائطية : Fecal Streptococci

وهذه يمكن الاسترشاد بها كدليل للتلوث الغائطى حيث تفيد احيانا فى تحديد مصدر التلوث الغائطى وفى تقييم مدى فعالية عمليات المعالجة.

### ء – الكشف على الكائنات الحية الدقيقة و التخلص منها

تستخدم طريقة الانانبيب المتعددة أو الترشيح الغشائى للكشف عن البكتريا القولونية الكلية والقولونية الغائطية وهذة الطرق تستغرق فترة زمنية حوالى ٤٨ ساعة وهناك طرق سريعة لاكتشاف القولونيات الغائطية فى شبكة المياه عند حدوث

الاصلاح فى المحطات او الشبكات. وفى هذة الطريقة يستخدم فى الترشيح الغشائى مستنبت لاكتوز / منتول عـــالى الـــدرئ (Mannital meduimHighly Bufferd Lactose).

ولحماية مياه الشرب من الفيروسات التى يمكن ان تسبب امراضا معدية فـــان ذلك يتم من خلال استخدام مصدر مائى خالى من مياه الصرف ومحقق له الحمايـــة من التلوث الغائطى او المعالجة الملائمة. إلا أنه لايمكـــن تقييـــم كفـــاءة الرصـــد والتحليل والمعالجة لخلو المياه من الفيروسات بالدرجة التى تحمـــى مـــن غيـــاب الفيروسات. ومـــع ذلك فان المياه تعتبر عولجت معالجة كافيـــة إذا تـــم اســـتيفاء الشروط التالية:

* الوصول فى مراحل المعالجة إلى درجة عكارة أقل من وحدة عكارة بمقياس نيفيلو مترى (NTU)
* تطهير المياة بجرعة كلور تحقق كلور حر زائد مقدارة ٠,٥ ملجرام / الـــتر مع زمن التصاق (Contact Time) مقدارة ٣٠ دقيقـــة فـــى مجـــال رقـــم هيدروجينى أقل من ٨.

وقد تبين ان الأوزون مطهر فعال بالنسبة للفيروسات وهو يفضل للمياه النظيفة اذا وجد أوزون متبقي قدره ٠,٣ -٠,٤ ملجرام / لتر لمدة اربع دقائق. ولـــلأوزون مزايا تفوق الكلور بالنسبة للمياه المحتوية على النشادر والتى يؤكسدها الأوزون الى غاز النيتروجين ولكن لسوء الحظ لا يمكن الاحتفاظ بأوزون متبقـــى فـــى شـــبكة التوزيع. ولاتزال استعمالات الطرق الروتينية لرصد الملوثات القولونية والفيروسية قائمة حيث ان الرصـــد للفيروسات يتطلب إمكانيات معملية لاختبار كميـــات مـــن المياه قد تصل من ١٠٠ الى ١٠٠٠ لتر على سبيل المثال.

وقد ثبت كما سبق ان اشرنا انه يمكن الحصول على ماء خـــالى تمامـــا مـــن الفيروسات من مصادر ملوثة بالغائط عندما يكون تركـــيز الكلـــور المتبقـــى ٠,٥ ملجرام / لتر على الاقل لمدة التصاق لاتقل عن ٣٠ دقيقة وعند رقم هيدروجينـــى اقل من ٨، على اساس اختبار العكارة بمقياس النيفيلو مترى اقل من واحد وكذلـــك

الاحتفاظ بكلور حـــر متبقى فى شبكة التوزيع قدره ٠,٢ الى٠,٥ ملجـــرام / لـــتر لتقليل أخطار النمو البكتيرى ولتوفير الدليل بعدم وجود ملوثـــات بعـــد المعالجـــة. ونظرا للمقاومة الكبيرة لحويصلات (cyst) أو البيضة للجارديا اللامبيلا وغيرها من البروتوزوا المسببة للأمراض المعوية للكلور وهذه الحويصلات تمثـــل الاطـــوار الاولى للبروتوزوا ولذلك فان عدم وجود البكتريا القولونية لا يعتبر دليل بعدم وجود هذه الحويصلات وهذه الاطوار الاولى للجارديا (الحويصلات) يمكن التخلص منـــها فى معالجة المرشحات حيث ان كفاءة الاداء للمرشح واختبار الوســـط الترشـــيحى المناسب وتنظيم الغسيل العكسى هى اهم طرق التخلص مـــن هـــذه الحويصـــلات وكذلك فان البروتوزوا فى مراحل النمو المتقدم تزال فى المرشحات وتقتل بـــالكلور ويستمر قتلها فى الشبكة بالكلور المتبقى.

المياه الجوفية على اعماق متوسطة اى حوالى ٥٠-٦٠ متر او اكثر من سطح الارض تكاد تكون خالية تماما من الملوثات الجرثومية فالبكتريا القولونية والغائطية والبروتوزوا والطحالب أما أن تحتجز فى مسام التربـــة أو ان تمـــوت وتتحلـــل لا هوائيا لعدم وجود اكسجين فى مسام التربة. والفيروسات تعيش اساسا على الخلايـــا الحية التى تحتضنها وهذه كذلك تموت وتحلل لا هوائيا فى التربة وبعد موت الخلية سواء النباتية او الحيوانية فان الفيروس يموت بعد ذلك بفترة زمنية مـــن ٣٠ – ٦٠ دقيقة. وحويصلات الجارديا كذلك اما ان تحتجز فى مسام التربـــةأو أن تتحلـــل او تحتجز كذلك اطوارها المتقدمة ولذلك فان طبيعة التربة ومسامها لها تأثير كبير فـــى حجز والتخلص من الكائنات الدقيقة الحية الممرضة قبل وصولها الـــى الخزانـــات الجوفية على اعماق اكثر من ٦٠ متر. ولهذا فان حماية البئر وحـــرم البـــئر مـــن تسرب مياه الصرف وكذلك التنفيذ الجيد للبئر بما يمنع من تسرب مياه الرشح فـــى الفاصل بين قطر الحفر والجسم الخارجى للقيسون ومن ثم منع وصول الملوثـــات البكتيرية الى المياه الجوفية التى يتم سحبها. ولكن يمكن ان تصل هذه الملوثات الى شبكة التوزيع فى حالات الاصلاح والصيانة ووصول المياه فى التربة الى الشـــبكة وهذا يتطلب الغسيل الجيد للشبكة بعد الاصلاح بتدفقات مياه عالية لازالة الرواســـب الملتصقة بالسطح الداخلى للمواسير التى تحتضن الكائنات الدقيقة وتحميها لتتكـــاثر هذا مع الاهتمام باستخدام جرعة زائدة من الكلور مع زمن التصاق ١-٣ ساعة ثـــم

غسيل الشبكة بمياه الشرب المعالجة مع مراعاة وجود كلور متبقى فى الشبكة من ٠,٢ الى ٠,٥ ملجرلم / لتر. لهذا فانه رغم خلو المياه الجوفية على اعماق تزيد عن ٦٠ متر من الكائنات الممرضة الا ان هذا لايمنع من اضافة جرعة الكلور قبل ضخها فى الشبكة مع المحافظة على كلور متبقى على طول مسار الشبكة بما قيمته ٠,٢ ملجرام / لتر عند صنبور اخر مستهلك.

## ٣- القيم الدليلة لجودة مياه الشرب وخلوها من الكائنات الحية الدقيقة

القيم الدليلة الموضحة فى الجدول الاتى هى دليل للاخذ به طبقا لتوصيات منظمة الصحة العالمية نحو جودة مياه الشرب ولضمان سلامة الامدادات بها وخلوها من الكائنات الحية الدقيقة الممرضة سواء كان الامداد من خلال شبكة المواسير او بغيرها او معبأة فى زجاجات.

**جدول (٥) معايير الكائنات الحية الدقيقة مسببة الامراض التى اصدرتها وزارة الصحة**

| الكائنات الحية الدقيقة | الوحدة | المعايير |
|---|---|---|
| القولونيات الكلية ( الكوليفورم ) | العدد فى ١٠٠سم٣ | صفر |
| القولونيات الغائطية ( Fecal ) | العدد فى ١٠٠ سم٣ | صفر |

**جدول (٦) القيم الدليلة من الكائنات الحية الدقيقة لجودة المياه**

| الكائنات الدقيقة | العدد فى ١٠٠ سم٣ | ملاحظات |
|---|---|---|
| ١- المياه المنقولة فى المواسير<br>أ-الماء المعالج الداخل الى الشبكة.<br>* الكائنات القولونية الكلية<br>* الكائنات القولونية الغائطية | صفر<br><br>صفر | العكارة واحد بمقياس ينفيلومترى التطهير بالكلور يفضل رقم هيدروجينى ٨، الكلور المتبقى ٠,٢ -٠,٥ ملجرام / لتر مع زمن التصاق لا يقل عن ٣٠ دقيقة. |

**تابع جدول (٦) القيم الدليلة من الكائنات الحية الدقيقة لجودة المياه**

| الكائنات الدقيقة | العدد فى ١٠٠ سم٣ | ملاحظات |
|---|---|---|
| ب-الماء غير المعالج الداخل الى الشبكة.<br>* الكائنات القولونية الكلية<br>* الكائنات القولونية الغائطية | ٣<br>صفر | فى عينة احيانا وليس فى عينات متعاقبة فى ٩٥% من العينات خلال سنة |
| جـ- الماء غير المعاج فى شبكة التوزيع<br>* الكائنات القولونية الكلية<br>* الكائنات القولونية الغائطية | ٣<br>صفر | فى عينة احياناً وليس فى عينات متعاقبة فى ٩٥% من العينات المختبرة خلال السنة |
| ٢- امدادات غير منقولة فى المواسير:<br>* الكائنات القولونية الكلية<br>* الكائنات القولونية الغائطية | ١٠<br>صفر | يجب الايتكرر وان تكرر يتم البحث عن بديل |
| ٣- مياه الشرب المعبأة فى زجاجات<br>* الكائنات القولونية الكلية<br>* الكائنات القولونية الغائطية | صفر<br>صفر | يجب خلو المصدر من اى تلوث غائطى |
| ٤- موارد مياه فى حالة الطوارئ<br>* الكائنات القولونية الكلية<br>* الكائنات القولونية الغائطية | صفر<br>صفر | ينصح الاهالى بغلى الماء اذا لم يمكن التوصل الى القيم الدليلة |

# الباب الثانى

# تنقية مياه الشرب

## الباب الثانى

# تنقية مياه الشرب

### مقـدمة :

إن مصادر مياه الشرب وإن كانت آمنة فى الماضي إلى حد ما، إلا أن تعرضها للتلوث قد ازداد أخيرا مع زيادة الكثافة السكانية والأنشطة التنموية وما تسببه من تلوث لمصادر المياه السطحية والجوفية. ومصادر الملوثات الرئيسية هى مياه الصرف الصحي والصناعى والزراعى. وسواء كانت هذه الملوثات من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض الوبائية أو من المواد العضوية أو الغير العضوية العالقة أو المذابة أو السامة التى فى معظمها من أسباب الأمراض المزمنة والمسببة كذلك للعكارة واللون في المياه. أو أن تكون هذه الملوثات من المواد المشعة المسرطنة. فان لكل من هذه الملوثات حدوده القصوى فى مياه الشرب لتصبح صحية مستساغة وغير ضارة. وتتحدد خطوات تنقية المياه لاعدادها للشرب بعد تعيين نوع وكمية التلوث في مصدر المياه ثم تحدد خطوات المعالجة لاعداد المياه للشرب لإزالة هذه الملوثات أو تقليل نسبتها إلى درجة النقاء المطلوبة طبقا للمعايير المقررة لمياه الشرب والاستخدام المنزلى. وسواء كان مصدر المياه هو المياه العكرة من المجارى السطحية العزبة أو من الخزانات الجوفية أو من البحار أو أي مصدر أخر. فإن الملوثات توجد عموما في أربع صور عامة وهى:

## ١- مواد صلبة عالقة :

وهذه المواد الصلبة العالقة أما إن تكون من مركبات عضوية أو غير عضوية وهى من مسببات العكارة واللون للمياه، كما يعلق بهذه المواد كثير من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (Pathogens). والعكارة في المياه توجد فى المصادر السطحية للمجارى المائية العزبة ويمكن أزالتها عند المعالجة التقليدية بالمرشحات باستخدام كيماويات الترويب والترسيب.

## ٢- غازات مذابة :

وهى التي تسبب سوء الرائحة والمذاق. وهذه الغازات المذابة ناتجة عن تلوث المصدر المائي بالملوثات العضوية. تنتشر ظاهرة الغازات المذابة فى المياه الراكدة وفى المياه الجوفية. وهى تزال أساسا بالتهوية للمياه فى أبراج التهوية كما أن المعالجة بالمروبات تزيل نسبة كبيرة منها وخاصة فى حالة استخدام حبيبات الفحم المنشط فى المرشحات أو إضافة بودرة الفحم فى مرحلة الترويب.

## ٣- الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض : Pathogens

وهى تشمل البكتريا والفيروسات والبروتوزوا والطحالب والفطريات والكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض مثل مرض الكوليرا أو التيفود أو شلل الأطفال أو الأمراض المعوية أو الالتهاب الكبدى الوبائي وأمراض أخرى مصدرها الرئيسي هو إفرازات ذوات الدم الحار الحاملة للمرض مثل الإنسان – الحيوان – الطيور. وتصل هذه الكائنات الدقيقه إلى مياه الشرب عند تلوثها بمياه الصرف الصحي أساسا. معظم الكائنات الحية الدقيقة يباد بالكلور وخاصة البكتريا وبعضها يقاوم التطهير بالكلور مثل الفيروسات وحويصلات الجارديا وهذه يمكن إن تزال بنسبة ٩٩% فى المرشحات التي تعمل بكفاءة. وكذلك عند استخدام مؤكسد قوى مثل الأوزون يمكن القضاء على معظم الكائنات الحية الدقيقة ويحد من نشاط الباقي منها.

## ٤- المواد المذابة العضوية والغير عضوية :

فى مجارى المياه العزبة توجد المواد العضوية المخلقة منها المذاب ومنها الغير مذاب (Soc's – Syn thetic Organic chemicals). وتزال نسبة كبيرة منها عند معالجة المياه باستخدام كيماويات الترويب والترسيب. وهذه المواد من المبيدات والتي لا تتأكسد بالكلور وهى كذلك بطيئة التحلل إلى المركبات الأولية ولكنها قد تتأكسد بمؤكسد قوى مثل الأوزون. والمبيدات توجد فى مياه المصارف أو فى المجارى العزبة المناوبة وفى فترة السدة الشتوية. أما المواد العضوية المذابة فى المياه الجوفية فهي تشمل المواد العضوية المتطايرة (VOC'S- Volatile Organic Chemicals) الناتجة عن تحلل النباتات أو تسرب المركبات العضوية الأخرى مثل بعض مشتقات البترول. والتخلص من هذه المواد العضوية المتطايرة يتم فى أبراج التهوية كما يحدث عند التخلص من الغازات المذابة. أما المركبات الغير عضوية المذابة فهي تشمل أساسا أملاح العسر فى المياه السطحية والتي تزال بكيماويات الترسيب للوصول إلى الحد المقرر من العسر فى مياه الشرب أو تزال عند استخدام المياه فى العمليات الصناعية كإنتاج البخار لتوليد الطاقة حيث يزال العسر.

المياه الجوفية قد تحتوى على أملاح الحديد والمنجنيز المذاب والذي يرسب عند تعرض المياه للهواء الجوى حيث تتأكسد هذه الأملاح وتعلق فى الشكل الغير مذاب بما يعطى المياه اللون الأحمر الطوبى. وهذه الأملاح تزال فى عمليات التهوية ثم استكمال الأكسدة باستخدام الكيماويات ثم الترسيب والترشيح. المواد الغير عضوية المذابة الزائدة عن المعايير المقررة لمياه الشرب مثل مياه البحار والبحيرات وبعض الخزانات الجوفية فهذه تزال بنظم التحلية المختلفة مثل التناضح العكسي RO أو الاليكترو دياليسيس ED أو التبخير EVA.

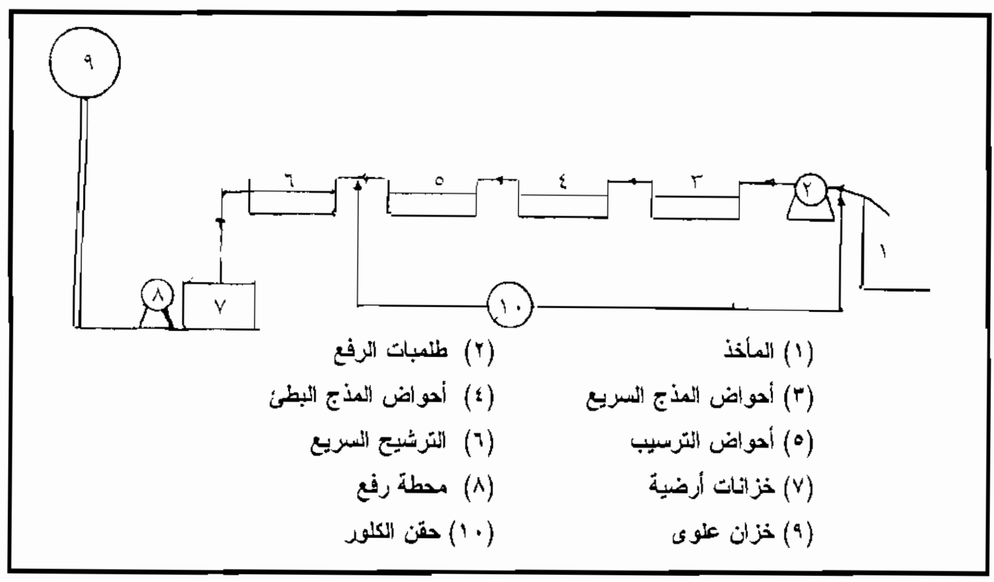
المواد المذابة من المعادن الثقيلة السامة والمسببة للأمراض المزمنة فهذه قد توجد فى كل من مصادر المياه السطحية والجوفية وهى تزال فى عمليات الترويب بنسبة كبيرة جدا وذلك باستخدام الأنواع المختلفة من كيماويات الترويب من الشبة واملاح الحديد.

# القسم الأول

# تقنيات إزالة المواد العالقة
# من مصادر المجارى المائية العزبة

تشمل مراحل تنقية المياه لأغراض الشرب من المجارى العزبة السطحية الآتى:

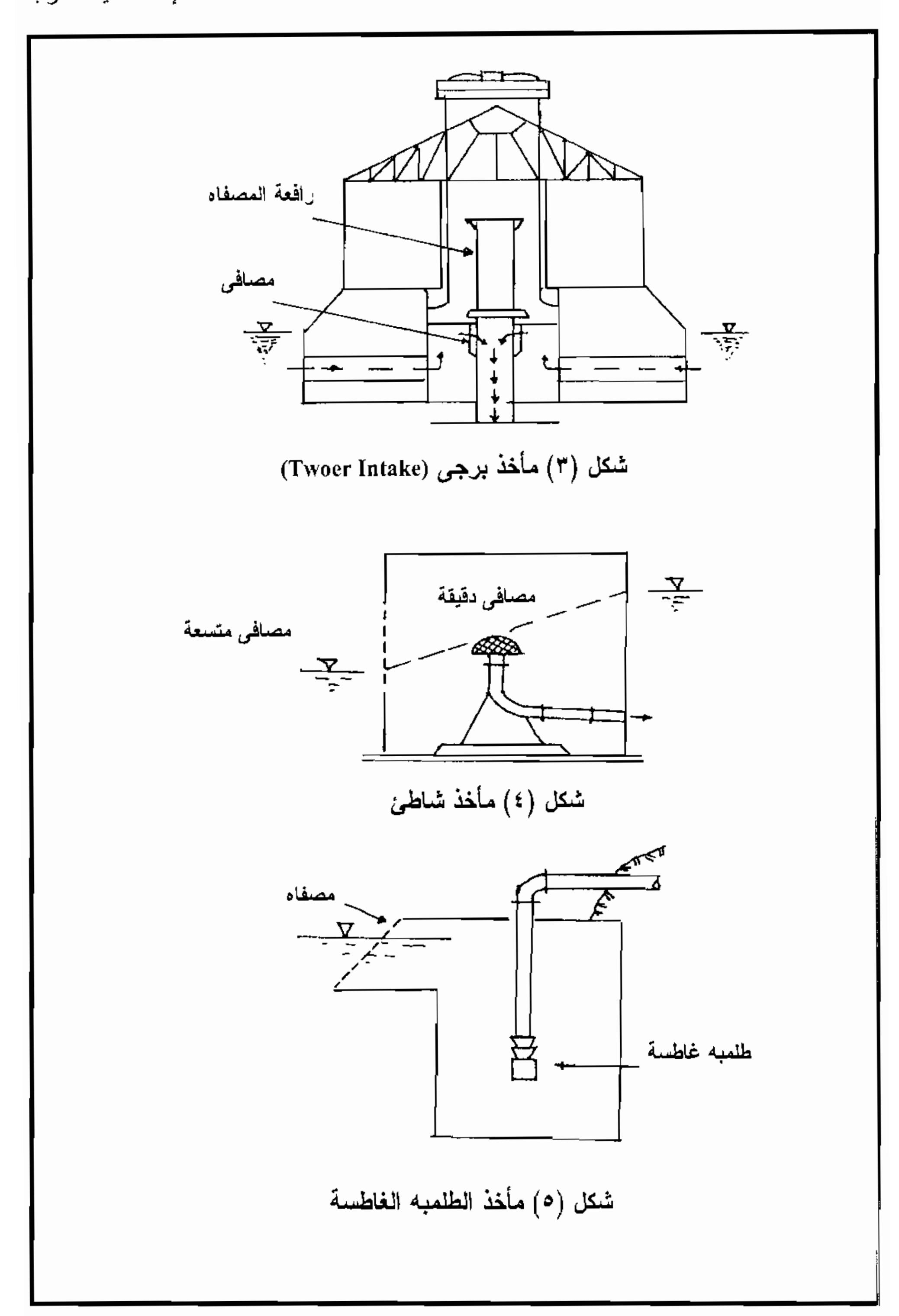
مآخذ المياه من المجرى المائي،. محطة طلمبات لسحب المياه من المأخذ إلى أحواض المعالجة والتي تشمل أحواض المزج السريع ثم أحواض المزج البطيء ثم أحواض الترسيب ثم المرشحات الرملية السريعة ثم خزانات أرضية للمياه المرشحة. محطة رفع المياه إلى الخزانات العلوية بالإضافة إلى أجهزة التغذية بالكيماويات مثل التغذية بالكلور للمياه بعد سحبها من المأخذ وقبل دخولها إلى المرشحات بعد أحواض الترسيب. وحقن الشبة فى أحواض المزج السريع بعد سحب المياه من المأخذ بواسطة محطة الطلمبات وكيماويات أخرى طبقا للحاجة شكل (٢) يوضح المخطط العام لمراحل تنقية مياه الشرب من المصادر السطحية العزبة.




**شكل (٢) المخطط العام لمراحل تنقية مياه الشرب من المصادر السطحية العزبة.**

## ١- مآخذ المياه من المجارى العزبة: الأشكال (٣-١١)

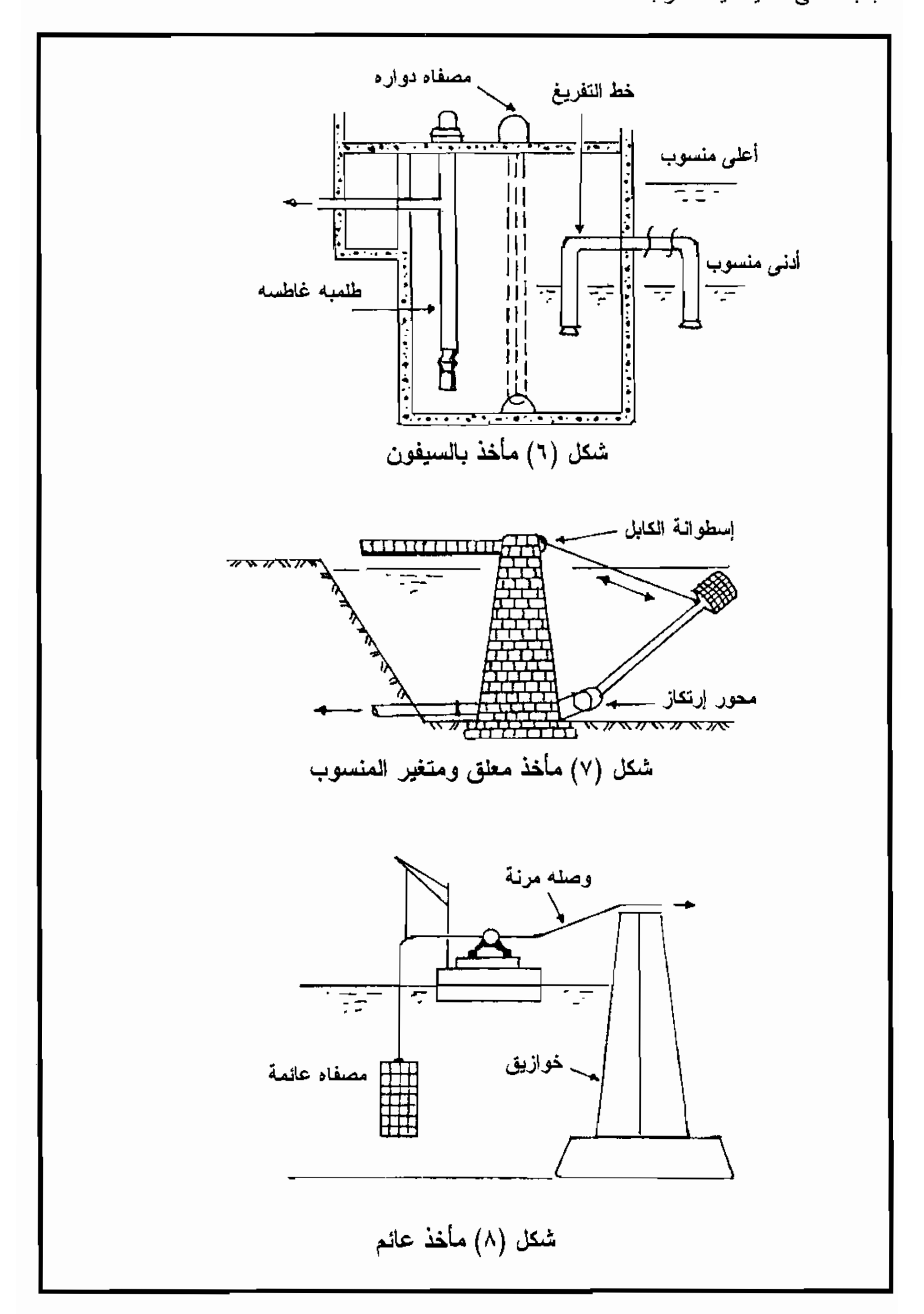
تنشأ المآخذ عموما قريبا من محطات المعالجة والتي تكون فى أماكن مرتفعة بعيدا عن مخاطر السيول والفيضانات ولها طرق اقتراب ومصادر للطاقة. وعند اختيار موقع المأخذ فانه يجب أن يكون بعيدا عن مصادر التلوث من الصرف العشوائي لمياه الصرف الصحي والصناعي. فى جميع الحالات يجب أن يكون موقع المأخذ فوق التيار بمسافة مناسبة لاماكن الصرف المعالج والغير معالج إن وجد. ومع تحديد موقع المأخذ يتم العمل على حمايته من مصادر التلوث المختلفة فى المجرى المائي. ولتجهيز المأخذ فانه يجب عمل الأعمال الإنشائية اللازمة لحماية قاع المجرى المائي وجوانبه بطريقة تضمن الحصول على معدلات المياه المطلوبة الحالية والمستقبلية.وتعتمد منشآت المأخذ على طبيعة المصدر المائي والتغير فى المنسوب والتصرفات على مدار العام وكمية المياه المطلوب تنقيتها ومدى استخدامات المجرى فى الملاحة النهرية. كما يجب أن يراعى فى تصميم المأخذ الزيادة المستقبلية فى استهلاك المياه لمدة ٣٠-٤٠ سنة حيث يمكن زيادة طاقة الطلمبات والأحواض الخاصة بالمعالجة عند توفر المساحات من الأراضي ولكن يصعب زيادة طاقة المآخذ بعد تنفيذه.




شكل (٣) مأخذ برجى (Twoer Intake)

شكل (٤) مأخذ شاطئ

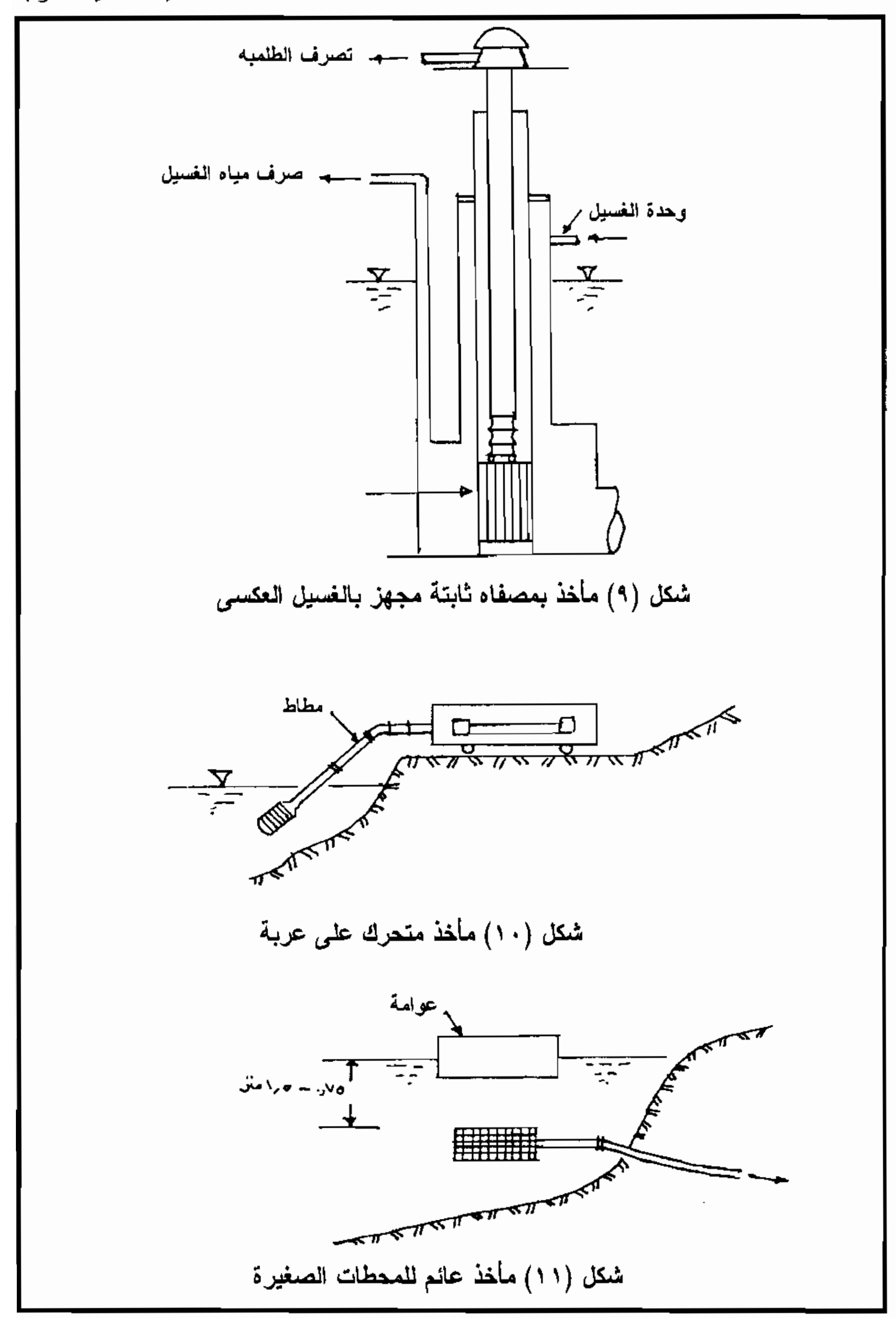
شكل (٥) مأخذ الطلمبه الغاطسة




شكل (٦) مأخذ بالسيفون

شكل (٧) مأخذ معلق ومتغير المنسوب

شكل (٨) مأخذ عائم




شكل (٩) مأخذ بمصفاه ثابتة مجهز بالغسيل العكسى

شكل (١٠) مأخذ متحرك على عربة

شكل (١١) مأخذ عائم للمحطات الصغيرة

إن العناية بالدراسة الأولية لتحديد موقع المأخذ وتصميمه يوفر ثبات نوعية المياه بالكم المطلوب وخفض تكاليف المعالجة والحصول على مياه شرب مستساغة وآمنة باستمرار. وقد تصل تكلفة الدراسات والتصميم والتنفيذ للمأخذ فى بعض الحالات اكثر من نصف تكلفة المحطة ككل. يمكن تنفيذ المأخذ بما يتناسب مع ظروف المجرى المائي حيث المآخذ البرجى والذي يمكن استخدامه فى المجارى المائية الملاحية والغير ملاحية والمآخذ الشاطئية المغمورة والمآخذ التي تعمل بالسيفون وكذلك المعلقة والعائمة المزودة بماسورتين لاستخدامها عند ارتفاع وخفض المياه الأشكال من ٣-١١ يوضح كروكي لمختلف أنواع المآخذ.

تجهز المآخذ بالمصافي لحجز الأجسام الطافية والعالقة والتي تعيق الضخ وعمليات التنقية والمصافي المستخدمة هي مصافي القضبان الحديدية (BAR SCREENS) حيث الفواصل بين القضبان من ٠,٥ إلى ٥ سم وفى حالة قلة المواد الطافية المتوقعة يمكن تقليل الفواصل. توضع المصفاة بزاوية ٦٠-٧٥° بالنسبة للمستوى الأفقي. ولتسهيل عملية التنظيف فى حالة التنظيف اليدوي توضع المصافي بزاوية ٣٠-٤٥° بالنسبة للمستوى الراسي. وتكون سرعة المياه المتجهة إلى المصفاة منخفضة تصل إلى ٠,١ إلى ٠,٢ م/ث (متر فى الثانية) لمنع رسوب الأجسام العالقة. كما يجب ألا يزيد معدل تدفق المياه فى الفتحات بين القضبان عن ٠,٧ متر فى الثانية للمصافى الثابتة وذلك لمنع انسداد المصافي. وتكون سرعة المياه فى ماسورة السحب إلى محطة الطلمبات من ١ إلى ١,٥ متر فى الثابتة.

المصافي النظيفة تسمح بمرور المياه مع فقد فى الضغط لعدة سنتيمترات قليلة فقط ولكن الفقد فى الضغط يرتفع بشدة عند تراكم المواد العالقة فى فتحات المصفاة فى حدود من ٠,١ الى٠,٢ متر. ولمواجهة عدم انقطاع انتظام التنظيف اليدوي أو التوقف للتنظيف الآلي فانه من الناحية العملية تصمم المصافي بفقد فى الضغط يعادل من ٠,٥ ألي ١ متر وكذلك فانه بزيادة مساحة المصفاة يمكن التغلب على الفقد فى الضغط. وقد تستخدم مصافي إضافية ذات فتحات صغيرة (Fine

Screens) قبل رفع المياه المعالجة لإزالة الأجسام العالقة ولتقليل زمن الترسـيب أو مساحة المرشح. تزال الأجسام العالقة المتراكمة على المصافي بالطرق الميكانيكيـة (Rack screen) أو بالهواء المضغوط أو الماء سـواء كـانت المصـافي ثابتـة أو متحركة كما يمكن اللجوء إلى التنظيف اليدوي فى المحطات الصغيرة. وفى بعـض الحالات للمجارى السطحية العزبة المناوبة حيث ينخفض منسوب الميـاه وتصبـح ساكنة يتحول المجرى المائي إلى مصرف زراعي وتتلوث المياه وكذلك مع ركـود المياه ترسب الأجسام العالقة العضوية والغير عضوية ومع نقض الأكسجين فى قاع المجرى تتحلل المواد العضوية لا هوائيا منتجـة غـازات كـبريتيد الـهيدروجين والميثان بما يؤثر على رائحة ومذاق المياه العكرة. ولإزالة هذه الغـازات يتطلـب استخدام حبيبات الفحم المنشط لامتصاصها فى المرشـحات والتـي تمـتز كذلـك المركبات العضوية أو بأكسدة هذه المواد والغازات بمؤكسد قـوى مثـل الأوزون. ولتجنب هذه الملوثات قبل تنقية المياه يمكن تصميم المأخذ بما يوفر التهوية للميـاه قبل وصولها إلى ماسورة المأخذ وهذه التهوية تزيد من أكسجين المذاب في المـاء والذي يعمل على أكسدة المواد العضوية وإزالة الغازات المذابة المسـببة للمـذاق والرائحة. وتستخدم لهذا الغرض المآخذ العائمة أو متغيرة المنسوب حيث ماسـورة السحب على عمق ٠,٧٥ إلى ١,٢٥ متر من سطح الماء. وفى حالـة خلـط ميـاه المصارف فى مجرى المياه العزبة فيجب تجنب إنشاء المآخذ والبديل هو اللجـوء إلى المياه الجوفية كمصدر لمياه الشرب حيث التكلفة اقل بكثير بجانب أن الملوثـات العضوية تتحلل أثناء رحلتها إلى الخـزان الجوفي وتختفي تماما على عمـق ٥٠ – ٦٠ متر من سطح الأرض هذا بالإضافة إلى خلو المياه الجوفية من العكـارة بمـا يوفر مراحل التنقية بالمرشحات ولكن يلزم حقن المياه بالكلور قبـل الضـخ فـى الشبكة. وفى هذه الحالة يلزم التأكد من خلو المصدر الجوفي من المعـادن الثقيلـة الضارة أو أن تكون تركيزاتها فى حدود المعايير المقررة. وقد يصعب فى بعـض الأحيان اللجوء إلى هذا البديل أي استخدام المياه الجوفية وخاصة فى منطقة الدلتـا شمال خط الزقازيق دمنهور وذلك لملوحتها والبديل الأخر هو استغلال مجرى مائي آمن وان كان على مسافة بعيدة.

## ٣- التخلص من المواد الصلبة العالقة بالترسيب

أولى المراحل تنقية المياه العكرة هو التخلص من المواد الصلبة العالقة بعد خروجها من المصافي وبعد أن يتم التخلص من نسبة كبيرة من الأجسام العالقة والطافية طبقا لحجم الفتحات فى المصافي. وبعد خروج المياه من المأخذ الى بيارة المياه العكرة فإنها ترفع بواسطة محطة الرفع الواطي إلى أولى مراحل التنقية وهى التخلص من المواد العالقة بالترسيب.

### أ- نظرية الترسيب :

الترسيب هو التخلص بفعل الجاذبية من المواد العالقة والتي يزيد وزنها النوعي عن الوزن النوعي للماء. تزداد كفاءة الترسيب مع زيادة حجم الأجسام العالقة وزيادة كثافتها النوعية كما في حالات الترسيب العادي (Plain Sedimentation) بدون إضافة كيماويات مساعدة. والأجسام العالقة فى المياه العكرة يتراوح حجمها ما بين فتحات المصافي الصغيرة فى حالة استخدامها إلى أجسام عالقة ذات قطر صغير جدا يصل إلى ٠,٠٠٠١ مليمتر (٠,١ ميكرون) وهذه ترسب ببطيء شديد جدا وان كان يمكن التخلص منها في المرشحات السريعة التيتعمل بكفاءة. وقد وجد من فحص عدة حالات أن الكثافة النوعية للمواد العالقة تتراوح ما بين ٢,٦٥ لحبيبات الرمل الناعم الى حوالي ١,٢ لحبيبات الطمى المحتوى على ٩٥% ماء، كما وجد أيضا أنه إذا أحسن تصميم مآخذ المياه فنادرا ما يزيد قطر حبيبات الرمل عن ٠,١ مليمتر وكتل الطمى عن واحد مليمتر. يمكن القول إن الترسيب العادي فى عمليات تنقية المياه يخضع لقانون ستوك (STOCK'S Law) والذي ينص على الأتي:

$$S = \frac{1 \times g(Ps - P)D^2}{18M}$$

**حيث**

S: **سرعة الترسيب سم /ث**

g: **عجلة الجاذبية الأرضية ٩٨١ سم/ث**

**M: اللزوجة بالسنتيمتر مربع فى الثانية**

**P: الوزن النوعي للمواد العالقة**

**Ps: الوزن النوعي للماء**

**D: قطر حبيبات المواد العالقة**

**وحيث أن السائل هو الماء إذن كثافة السائل =١ وتصبح المعادلة**

$$S = \frac{g(Ps-1)D^2}{18M}$$

من هذه المعادلة ترى انه كلما زاد الوزن النوعي للجسم العالق زادت سرعة ترسيبه، كلما زادت لزوجة الماء انخفضت سرعة الترسيب، كلما زاد قطر الجسم العالق زادت سرعة ترسيبه وكذلك تزداد نسبة التخلص من الأجسام العالقة مع زيادة زمن الترسيب. ولإيضاح تأثير هذه العوامل يلزم التنويه عنها.

## ب- اللزوجة

**لزوجة الماء تزداد مع ارتفاع درجة الحرارة حيث:**

**درجة الحرارة الماء م° : صفر – ١٠ – ٢٠ – ٣٠ – ٤٠ – ٥٠.**

**اللزوجة سم٢ / ث : ١,٧٨ – ١,٣ – ١ – ٠,٨– ٠,٦٥ – ٠,٥٩.**

فإذا انخفضت درجة الحرارة من ١٠ إلى صفر ترتفع لزوجة الماء من ١,٣ إلى ١,٧٨ سم$^{٢}$ /ث وتقل سرعة الترسيب تبعا لذلك. طبقا لقانون ستوك فإن سرعة الترسيب تزداد كلما ارتفعت درجة حرارة الماء كما إن تأثير ارتفاع درجة الحرارة على سرعة الترسيب اكبر من زيادة سرعة الترسيب نتيجة زيادة الكثافة النوعية للمواد العالقة.

## جـ- القطر والوزن النوعي للأجسام العالقة

سرعة الترسيب لمختلف المواد العالقة فى المياه الساكنة عند درجة حرارة ١٠°م هي كما فى الجدول (٧) حيث يوضح قطر الحبيبات وكثافتها. ومن هذا الجدول إذا كان قطر الجسم ٠,٢ ، ٠,١ مليمتر وعمق حوض الترسيب ٣ متر

وسرعة ترسيبه ١٠ مليمتر فى الثانية فإنه يحتاج إلى فترة زمنية مدتها ٥ دقائق ليرسب (٣٠٠٠/١٠×٦٠) = ٥ ق.

إما فى حالة الطفلة الناعمة بقطر ٠,٠٠١ مليمتر فهي تحتاج إلى ٢٢٥ يوم لترسب في قاع حوض بعمق ٣متر: (٣٠٠٠/ ٠,٠٠١٥٤ ×٦٠ × ٦٠ × ٢٤ = ٢٢٥ يوم).

**جدول(٧) سرعة الترسيب المختلفة لمواد العالقة فى المياه الساكنة عند ١٠°م.**

| المادة العالقة | القطر بالمليمتر | سرعة الترسيب بالمليمتر في الثانية | |
|---|---|---|---|
| | ١سم = ١٠٠٠ميكرون | للأجسام ذات الكثافة ٢,٦٥ | للأجسام ذات الكثافة ١,٢ |
| رمل خشن | ١ - ٠,٦ | ١٠٠ - ٦٣ | ١٢-٧,٢ |
| رمل متوسط | ٠,٥-٠,٣ | ٥٣-٣٢ | ٦-٣,٦ |
| رمل ناعم | ٠,٢-٠,١ | ٢١-٨ | ٢,٤-١,٢ |
| رمل ناعم جدا | ٠,٨-٠,٠٥ | ٦-٢,٩ | ٠,٥٤-٠,٢١ |
| طمي | ٠,٠٤-٠,٠١ | ٢,١ – ٠,١٥٤ | ٠,١٣ – ٠,٠٨٤ |
| طمى ناعم | ٠,٠٠٨ – ٠,٠٠٥ | ٠,٠٩١ – ٠,٠٣٥ | ٠,٠٠٥٤ – ٠,٠٢١ |
| طفله | ٠,٠٠٤ – ٠,٠٠١٥ | ٠,٠٢١ – ٠,٠٠٣٥ | ٠,٠٠١٣ – ٠,٠٠٠١٩ |
| طفله ناعمة | ٠,٠٠١ – ٠,٠٠٠١ | ٠,٠٠١٥٤ – ٠,٠٠٠١٥٤ | ٨×١٠$^{-٦}$ – ٨٤×١٠$^{-٩}$ |
| أجسام هلامية | أقل ٠,٠٠٠١٠٠٠ | لا ترسب إطلاقا | لا ترسب إطلاقا |

## القسم الثاني

# استخدام الكيماويات للتخلص من الأجسام العالقة

نظراً لأن زمن الترسيب اللازم لإزالة الأجسام العالقة المسببة للعكارة غير عملي بالإضافة إلى الأجسام الهلامية التى لا ترسب والتي تسبب تغير فى لون ومذاق المياه. وهذه الأجسام لا تسبب عكارة فقط بل يعلق بها كثير من الكائنات الدقيقة ولذلك تم اللجوء إلى استخدام بعض الكيماويات الغير قابلة للذوبان فى الماء وتكون زغبات هلامية (Floc's) والتي تلتصق بالمواد العالقة حيث يزداد الحجم (Agglomerates) وتتجمع وترسب بالإضافة إلى أنها تمتز على سطحها الخارجي بعض الأجسام الصغيرة العالقة وكذلك الهلامية بما يمكن من إزالة هذه الأجسام العالقة أسرع من الترسيب العادي. وهذه المواد هي مواد الترويب وهى غير ضارة وتعمل على تحسين اللون والرائحة والمذاق للمياه بدرجة كبيرة. واستخدام كيماويات الترويب يزيل الأجسام الهلامية التي تتراوح في حجمها بين المذابة والعالقة (٥×١٠$^{-٦}$ إلى ٢×١٠$^{-٩}$ مليمتر) والتي تحمل شحنة كهربية سالبة وهى فى حالة ثبات (Stabilized). ونظرا لشحنتها الكهربية المتماثلة ولقرب كثافتها من كثافة الماء تظل عالقة.

كيماويات الترويب تحمل شحنة موجبة وعند أضافتها يحدث عدم ثبات للأجسام العالقة التي تحمل شحنة سالبة عندئذ تتجمع جسيمات اكبر فى الحجم وبذلك تزداد

سرعة ترسيبها. المواد التي تزال بالمروبات هي المسببة للعكارة واللون. والعكارة هي نتيجة وجود العوالق الطينية والطحالب والمخلفات الحيوانية أما اللون فهو يسبب تحلل المواد العضوية والنباتات. المروبات تزيل كثيرا من الكائنات الحية الدقيقة ذات العلاقة بالصحة العامة والتي تختبئ فى الأجسام العالقة وتزيل كذلك كثيرا من المواد العضوية المخلقة SOC's والتي توجد فى مياه المجارى السطحية مثل المبيدات وتزيل كذلك أملاح الحديد والمنجنيز التي تعلق بها بعد أكسدتها بالهواء الجوى أو كيماويات الأكسدة.

وتزيل كيماويات الترويب المواد العضوية الدبالية (Humic Substances) وهى ناتجة من مواد التربة وتحلل النباتات ولها مكونات أرومانية وأليفاتيه (Aromatic Aliphatic) وتشمل حامض الفولفيك الشديد الذوبان فى الماء وحامض الهيوميك (Humic) الأقل إذابة فى الماء. والأكثر انتشارا فى المياه السطحية هو حامض الفولفيك. الأحماض الدبالية تعكس الضوء وهى المكون الرئيسي للمواد العضوية فى الماء فهي توجد فى كل المياه السطحية ومعظم المياه الجوفية. والمواد الدبالية تكون مركبات معقدة مع الأجسام العالقة والأملاح المعدنية والمركبات العضوية المخلقة (SOc' s) بما يساعد على إزالتها فى عمليات الترويب. وقد ثبت إن هذه المواد الدبالية من مسببات تكون مركبات الترايهالوميثان (THM'S) عند استخدام الكلور كمطهر ومؤكسد. ولذلك زاد الاهتمام نحو إزالة هذه المواد الدبالية بالترويب فى تنقية المياه حتى وان كان إزالة اللون والعكارة ليس هو الهدف من عملية الترويب.

## خصائص استخدام كيماويات الترويب المختلفة

عملية الترويب تتم على ثلاث مراحل متتالية وهى تجهيز المروب ثم المزج السريع للمروب مع المياه حيث يحدث عدم ثبات للمواد العالقة ثم الخلط البطيء فى أحواض التزغيب (Floccu Later) حيث تتم عملية تكوين الزغبات (Floc's) نتيجة التصاق المواد العالقة الغير ثابتة مع المروب. ولكبر حجم الزغبات المتكونة نتيجة هذا الالتصاق وزيادة كثافتها يمكن التخلص منها بالترسيب والترشيح.

المروبات المستخدمة عادة هي كبريتات الألومنيوم (الشبه) وكبريتات الحديديك وكبريتات الحديدوز، كلوريد الحديديك، ألومنيات الصوديوم. وتستخدم أحيانا الشـبه السوداء والتي هي خليط من الشبه وبودرة الفحم المنشط بنسـبة ٥% مـن الفحـم المنشط. وفى بعض الحالات تستخدم البلمرات عالية الكثافة فى عمليـة الـترويب. والمرويات تزيل كذلك بالترسيب الكيماوي بعض أملاح المعادن الثقيلة ذات الأثـر السلبي على صحة الإنسان. فالشبه فى المجال المتعادل ترسب الزرنيـخ خماسـي التكافؤ والكروم ثلاثي التكافؤ والرصاص والسيلينيوم وأملاح الفضة بنسـبة إزالـة ٧٠-٩٠ % وأن كانت نسبة الترسيب تزداد مع زيادة الرقـم الـهيدروجيني نحـو القلوية. ولكن الشبة لا تزيل الزرنيخ ثلاثي التكافؤ والباريوم والكادميوم والكـروم سداسـي التكافؤ والسيانيد والسيلينيوم الربـاعي والنحـاس وبعـض المركبـات العضوية. ولكن هذه المواد تزال باستخدام المروبات من أملاح الحديد فـى مجـال رقم هيدروجيني مرتفع أعلا من ٩. الرقم الهيدروجيني لمياه النيل هو مـن ٧,٥ – ٨ فقط، والمرويات حامضية بطبيعتها حيث تتفاعل مع القلوية الطبيعية أو المضافة إلى الماء مكونة كبريتات القلوى وراسب جيلاتيني الذي هو الايدروكسيد للمـروب وهذا الايدروكسيد يحمل شحنة موجبة كما فى المثال التالي:

$$Al(OH)_3 \rightleftarrows Al^{+++} + 3(OH^-)$$

بينما الأجسام الهلامية العالقة تحمل شحنة سالبة وعند الخلط يحـدث الجـذب والالتصاق مع الايدروكسيد لتتكون الزغبات (Floc's) الأكبر حجما وكثافـة كمـا تعمل الطبيعة الجيلاتينية لايدروكسيد المروب علـى اصطيـاد الأجسـام العالقـة وامتزازها على السطح بما يزيد من حجم الزغبات حيث يمكن أن ترسب بسـهولة. كما يلزم للأداء الجيد للمروب وجود قلوية فى الماء. القلوية فى ميـاه النيـل هـي حوالي ١٣٠ جزء فى المليون مقيمة ككربونـات كالسـيوم وهـى تشـمل قلويـة الكربونات والبيكربونات لاملاح الصوديوم أساساً. وفى بعض أنواع الميـاه قـد لا تتوفر القلوية اللازمة لعمل المروب بكفاءة عندئذ يتم إضافة قلوى مثل الصـودا آش (كربونات الصوديوم) أو الجير الحى أو لبن الجير $Ca(OH)_2$.

## أنواع كيماويات الترويب

### ١- كبريتات الألومنيوم ( الشبة): $AL_2(SO_4)_3 . 14H_2O$

وهى تصنع بخلط خام البوكسيت (Bauxite) المحتوى على أكسيد الألومنيوم مع حامض الكبريتيك لدرجة الغليان. واستعمل البوكسيت من خام الواحات الخارجة لفترة طويلة كما يوجد فى مناطق أخرى مثل جنوب سيناء. الشبة المستخدمة فى تنقية مياه الشرب يجب ألا تزيد نسبة أكسيد الحديد فيها عن ٠,٩% والزرنيخ عن ٥٠ جزء فى المليون.

ولإعداد الشبة للاستخدام فانه يتم تجهيز محلول الشبة بتركيز ٤-٥% ويضاف إلى المياه العكرة بنسبة ٥-٨٥ جزء فى المليون حسب درجة العكارة مع عدم زيادة الجرعة عن هذا الحد حيث ما يزيد عن هذا المقدار وجد مذابا فى الماء. وقد ثبت إن المواد العالقة من الطمي تمتص نحو ٢٠-٣٠% من جرعة الشبه بما لا يمكن من تفاعلها مع البيكربونات الموجودة فى الماء مما يتطلب فى بعض الحالات عمل الترسيب الأولى (Plain Sedimentation) للتخلص من أقصى نسبة من الأجسام العالقة. إذا انخفض الرقم الهيدروجيني عن ٦,٨ بما يضر بصحة الإنسان لا تزاد جرعة الشبه ولكن إما إن يزداد الزمن اللازم للترسيب أو إضافة الصودا أش لتعويض استهلاك القلوية الموجودة أصلا فى الماء.

**وتفاعل الشبة مع القلوية الطبيعية أو المضافة للماء يتم كالأتي:**

(1) $AL_2(SO_4)_3 .14\ H_2O + 3\ Na_2CO_3 \longrightarrow 2AL(OH)_3 + 3Na_2SO_4 + 3CO_2 + 14H_2O$

(2) $AL_2(SO_4)_3 .14\ H_2O + 3\ Ca(OH)_3 \longrightarrow 2AL(OH)_3 + 3CaSO_4 + 14H_2O$

(3) $AL_2(SO_4)_3 .14\ H_2O + 3\ Ca(HCO3)_2 \longrightarrow 2AL(OH)_3 + 7CaSO_4 + 6CO_2 + 14H_2O$

(4) $AL_2(SO_4)_3 .14\ H_2O + NaHCO_3 \longrightarrow 2AL(OH)_3 + 3Na_2SO_4 + 2CO_2 + 14H_2O$

أيدر وكسيد الألومنيوم الناتج عن هذه التفاعلات للشبه مع القلوية الموجودة فى الماء أو المضافة يكون الزغبات (FLOC'S) التي لا تذوب فى الماء والتي تزيل

الأجسام العالقة الصغيرة جدا والهلامية (Colloidal). ولأفضل النتائج فان الرقم الهيدروجيني للماء يكون ما بين ٦,٥-٨ وجرعة الشبه تكون من ٥ إلى ٨,٥ جزء فى المليون طبقا للعكارة ولون المياه. تحدد الجرعة عموما طبقا لاختبارات القنينة (Jar Tests).

وتتوقف ضوابط استخدام الشبه كمروب على أساس أنه عند أضافتها إلى الماء فان نواتج التحلل تكون أيون الهيدروجين الذي يعمل على خفض الرقم الهيدروجيني للماء كما فى المعادلة.

$$AL\ (OH)_3 + H_2O \longrightarrow AL\ (OH)_4 + H^+$$

الخفض فى الرقم الهيدروجيني يتوقف على قلوية الماء فلكل ١مليجرام / لتر من الشبه التي تتفاعل لتنتج راسب من أيدر وكسيد الألومنيوم يستهلك ٠,٥ مليجرام / لتر من القلوية المقيمة ككربونات كالسيوم فعند إضافة جرعة من الشبة ٢٠مليجرام /لتر فان القلوية اللازمة للتفاعل هي ١٠ مليجرام / لتر بما يتطلب إضافة قلوي أخر إلى الماء لتوْفير القلوية والمحافظة على الرقم الهيدروجيني للماء لترسيب أيدر وكسيد الألومنيوم وتحقيق أقصى ترويب. الزغبات التي تتكون بـاستخدام مروب الشبه تختفي فى حالة نقص الرقم الهيدورجيني وكذلك فى حالة زيادته يتآين أيدر وكسيد الألومنيوم إلى الألومنيات التي تذوب فى الماء. ولهذا فان افضل النتائج لتكوين الزغبات تكون فى مجال هيدروجين بين ٦,٥-٨ وعادة فان الجرعة للشبة هي من ٥-٨٥ مليجرام/ لتر والجرعة المتوسطة هي ١٩مليجرام / لتر والمياه شديدة العكارة لا تزاد الجرعة عن ٨٥ مليجرام / لتر حيث ما زاد عن ذلك يذوب فى الماء وكذلك لا تقل.

### ٢- كبريتات الحديدوز (Ferrous Sulphat)

كبريتات الحديدوز يكون فيها الحديد ثنائي التكافؤ والرمز الكيميائي هو ($FeSO_4 . 7H_2O$) وهى تكون على هيئة بلورات خضراء لامعة جافة وقد تكون أحيانا على شكل كتل كبيرة ولها أسماء تجارية مثل الزاج الأخضر (Copperas) أو

(Sugar Sulphate of Iron) وعند استخدامها كمروب لمياه الشرب لا تزاد فيها نسبة الشوائب عن ٢% وحامض الكبريتيك عن ٠,٤% والزرنيخ عن ٥٠ جزء في المليون. وتكون نسبة الحديد القابل للذوبان في الماء ١٩,٧%. أساس عمل كبريتات الحديدوز كمروب هو تكون أيدر وكسيد الحد يديك نتيجة لوجود الكربونات أو القلوية الموجودة في الماء مع أكسجين الهواء الجوى فتتحول كبريتات الحديدوز إلى أيدروكسيد الحديديك الذي له خواص في الترويب لا تقل عن أيدر وكسيد الألومنيوم. وتفاعلات كبريتات الحديدوز مع القلوية الطبيعية أو المضافة إلى الماء كالآتي:

$$2\,Fe\,SO_4.\,7H_2o + 2\,Ca\,(OH)_2 \longrightarrow 2Fe(OH)_2 + 2CaSO_4 + 14H_2O$$

$$2FeSO_4\,.7H_2O + 2NaHCO_3 \longrightarrow Fe(OH)_2 + Na2SO_4 + 2CO_2$$

أيدر وكسيد الحديدوز يذوب في الماء وعند أكسدته بالأكسجين المذاب في الماء أو باستخدام جرعة عالية من الكلور فانه يتأكسد إلى أيدر وكسيد الحديديك $Fe(OH)_3$ وهو راسب جيلاتيني لا يذوب في الماء ويرسب تدريجيا حاملا الأجسام العالقة في شكل راسب. يضاف الجير كمستحلب من لبن الجير $Ca(OH)_2$ بعد إضافة كبريتات الحديدوز أو معها لرفع الرقم الهيدروجين ولزيادة سرعة الترسيب. كمية المروب من كبريتات الحديدوز تكون ما بين ٥-٥٠ مليجرام / لتر مع إضافة نسبة من الجير حوالي ٠,٤ من كبريتات الحديدوز وتزيد نسبة الجير مع زيادة العكارة في الماء حتى تصل إلى نفس نسبة كبريتات الحديدوز في الماء.

$$4Fe\,(OH)_2 + 2H_2O + O \longrightarrow 4Fe(OH)_3$$

أملاح الحديد حامضية وتستهلك كل القلوية الطبيعية الموجودة في الماء أثناء الترسيب كإيدروكسيد مما يتطلب إضافة مستحلب لبن الجير لرفع الرقم الهيدروجيني. وكبريتات الحديدوز تعطي افضل نتائج للترويب عند رقم الهيدروجيني ٨,٥ ولا تستخدم للمياه الملونة. وأملاح الحديد اكثر عداونية من الشبة وتحتاج إلى مهارة عالية في استخدامها وهي تنشط البكتريا المؤكسدة لمعدن الحديد.

ولتحقيق أكسدة الحديدوز إلى الحديديك فى المجال المتعادل تتم الأكسدة بواسطة الأكسجين المذاب فى الماء بالإضافة إلى جرعة عالية من الكلور ٢٧ مليجرام / لتر. وعند استخدام كبريتات الحديدوز كمروب أمكن الاستغناء عن الترشيح والتعقيم وعمل الترسيب فقط وذلك عند زيادة كمية الجير المضاف بعد كبريتات الحديدوز حتى رقم هيدروجين ١٠,٥ عندئذ يمكن الحصول على مياه شفافه لا تحتاج إلى الترشيح بالإضافة إلى قتل البكتريا الضارة التي لا تعيش عند رقم هيدروجيني ١٠,٥. وتزال القلوية الزائدة بتمرير ثاني أكسيد الكربون فى الماء فيحولها إلى بيكربونات غير ضارة. كبريتات الحديدوز اقل فى تكلفة استخدامها من الشبه بالإضافة إلى إن الزغبات الناتجة عنها كمروب سريع الترسيب لزيادة الكثافة النوعية. ولكن استخدامها يتطلب إضافة الجير والذي يسبب تراكم وترسيبات فى الشبكة نتيجة تفاعله مع قلوية الماء كما إن كبريتات الحديدوز لا تصلح كمروب مع المياه الملونه أو المياه اليسر. وعند استخدام كبريتات الحديدوز مع الكلور بجرعة ٢٧ مليجرام / لتر مع زمن تلامس صغير لأكسده الحديدوز إلى الحديديك فأن الناتج يكون ٤٠% كبريتات حديديك، ٦٠% كلوريد حديديك.

### ٣- أملاح الحديد الأخرى

من مركبات الحديد المستخدمة كمواد ترويب كلوريد الحديديك وكبريتات الحديديك. كلوريد الحديديك شديد العدوانية فى الحالة الصلبة أو المحلول وعادة لا يستخدم فى معالجة مياه الشرب. كبريتات الحديديك شديدة الحموضة وشديدة العدوانية مما يستلزم إن تكون مهمات النقل والتخزين مقاومة للتآكل. والمروبات من أملاح الحديديك هي عوامل أكسدة فتزيل كبريتيد الهيدروجين وتحسن نوعية المياه وتستخدم فى تنقية مياه الصرف الصناعي ومعالجتها، كما تعمل على ترسيب كثيرا من المعادن الثقيلة. ويتطلب استخدام مركبات الحديديك كمرويات إضافة أيدروكسيد الكالسيوم لرفع القلوية للماء وترسيب أيدر وكسيد الحديديك. والجرعة المناسبة من كلوريد الحديديك أو كبريتات الحديديك هي من ٨,٥ إلى ٥١ مليجرام / لتر ومجال الرقم الهيدروجيني المناسب هو من ٥,٥ إلى ١١.

**تفاعلات مركبات الحديديك مع الجير المطفى (لبن الجير) هي كالآتي:**

$$2\,FeCl_3 + 3\,Ca(OH)_2 \longrightarrow 2Fe(OH)_3 + 3CaCl_3$$

$$Fa_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 \longrightarrow 2\,Fe(OH)_2 + 3Ca\,SO_4$$

أيدر وكسيد الحديدوز يذوب فى الماء وعند أكسدته بالأكسجين المذاب فى الماء أو باستخدام جرعة عالية من الكلور فانه يتأكسد إلى أيدر وكسيد الحديديك $Fe(OH)_3$ وهو راسب جيلاتينى لا يذوب فى الماء و يرسب تدريجيا.

## ٤- ألومنيات الصوديوم : Sodium Aluminate (Na2Al2O3)

وهذا المروب استخداماته محدودة وهو قلوي فى تفاعلاته حيث يعمل على رفع الرقم الهيدروجيني. وهو مناسب للاستخدام فى المياه قليلة القلوية الطبيعية وكذلك فى المياه اليسر. وهذا المركب يتفاعل بسرعة مكونا رغبات من ألومنيات الكالسيوم $Ca\,Al_2O_3$ كما فى المعادلات الآتية :

$$Na_2\,Al_2O_4 + Ca\,SO_4 \longrightarrow Ca\,Al_2O_4 + Na_2SO_4$$

$$Na_2\,Al_2O_4 + Ca\,Cl_2 \longrightarrow Ca\,Al_2\,O_4 + 2Na\,CL$$

$$Na_2\,Al_2O_4 + Ca\,(HCO_3)_2 \longrightarrow Ca\,Al_2\,O_4 + Na_2\,CO_3 + CO_2 + H_2O$$

ألومنيات الصوديوم تثبط عدوانية المياه ونظرا لارتفاع تكلفتها فلا تستخدم عمليا.

## ٥- الجير المطفى أو الجير الحي (Ca O –Ca(OH)2)

يستخدم الجير المطفى أو لبن الجير $Ca(OH)_2$ أو الجير الحي $Ca\,O$ فى تنقية مياه الشرب ومياه الصناعة منفردا أو مع غيره من المروبات كالشبة ومركبات الحديد ويستعمل كذلك فى معالجة المياه لإزالة العسر ويستعمل أما على هيئة الجير الحي ($Ca\,O$) أو الجير المطفى $Ca(OH)_2$. الجير الحي هي ناتج حرق كربونات الكالسيوم مكونا أكسيد الكالسيوم.

حرارة

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$$

وبإضافة الماء إلى الجير الحي (CaO) يتكون الجير المطفى. يمكن تحضير محلول الجير بتركيز ٤-٥% والذي هو لبن الجير. يجب إن يكون الجير الحي تام الاحتراق وخال من الشوائب (مثل الفحم، الرماد) وأن يكون قابلا للتفكك جميعه عند خلطه فى الماء وأن يكون ابيض جاف مسحوقا سحقا جيدا ومتجانس الحبيبات خال من المواد الغريبة التي تعيق استخدامه بواسطة أجهزة الإضافة للجير الحي أو لمحلول لبن الجير.

## ٦- البلمرات المستخدمة فى الترويب

البلمرات إما إن تكون من المواد عضوية أو من مواد غير عضوية:

### أ- البلمرات من المواد الغير عضوية

وهذه تشمل البلمرات الغير عضوية من أملاح الحديد والالومنيوم والسيليكون. فعند معايرة محلول مركز من أملاح الحديد مع قلوى لدرجة ما قبل التعادل (Partilly Neutralized) تتكون بلمرات من أملاح أيدروكسيد الحديد (Colloidal Amorphous Ferric Hydroxide Base). وكذلك عند عمل المعايرة الغير مكتملة للتعادل لمحلول مركز من أملاح الألومنيوم كما فى حالة التعادل الجزئي (Partial Neutralized) لكلوريد الألومنيوم حيث يتكون مركب بولي ألومنيوم كلوريد (PAC-Poly aluminuim Chloride) والذي يستخدم فى معالجة المياه العكرة واليسر. وكذلك هناك بلمرات أخرى من أملاح السيليكون. وتستخدم بعض أنواع الطفلة مثل البنتونيت كمرويات حيث تضاف فى الشكل الجاف مباشرة إلى الماء عندئذ تتفتح حبيباتها إلى جسيمات كبيرة تحتضن الجسيمات العالقة المسببة للعكارة مكونة أجسام اكبر حجما يسهل ترسيبها.

**ب – البلمرات العضوية : Organic polymers**

البلمرات العضوية متوفرة فى أوزان جزيئيـــه مختلفـــة (كثافـــات مختلفـــة). البلمرات التي بها مجموعة متأينة مثل (Snlfonic Group / Amino Group) تســـمى البولي اليكتروليت الـــذي يمكـــن إن يكـــون كاتـــأيونى (Cationic) أو آن أيونـــى (Anionic) أو الغير ايونى (Nonionic) ومن أمثلـــة لـــهذه البلمـــرات العضويـــة الموضحة فى الجدول (٨).

وتستخدم البلمرات الغير أيونية فى المجال الحامضى، البلمرات الآن أيونية فى المجال القلوي والمتعادل والبلمرات الكاتأيونية تؤثر جيدا على المـــواد العضويـــة والهلامية. البلمرات من المركبات العضوية الأكثر شيوعا فى الاستخدام فى تنقيـــة مياه الشرب كمساعدات ترويب (Coagulant aids) هى البلمرات الكاتايونية موجبـــة الشحنة وهى بلمرات متأينـــة (Positively Charged Cationic Polyelectrolytes). وهذه البلمرات الموجبة تعمل على عدم ثبات المواد العالقة ومعادلة شحنتها الســـالبة وهى كذلك تمتز المواد الهلامية العالقة. البلمرات المستخدمة فى مياه الشرب لـــــها وزن جزيئي أقل من مليون وهى تتأثر بالرقم الـــهيدروجيني والعســـر. البلمـــرات القابلة للذوبان فى الماء تتأين لتعطى الرقم الهيدروجيني المناسب للترويب بما يقلـــل من جرعة المروبات ويحسن نوعية المياه خلال تدفقها فى المرشـــحات وتضـــاف البلمرات (البولي اليكتروليت) مع جرعة المروب وتحدد جرعة المروبـــات طبقـــا لاختبارات القنينة (Jar Tests) وتوصيات المنتج.

**جـ- برمنجنات البوتاسيوم :**

هذه المادة مروب ضعيف ولكنه مطهر قوى عند أضافته إلى الماء يتحلل إلـــى ثاني أكسيد المنجنيز والأكسجين النشط ويعمل ثـــاني أكســـيد المنجنـــيز كمـــروب والأكسجين كمطهر ولإزالة اللون والرائحة وعند الاستخدام تكـــون الجرعـــة ١-٤ مليجرام / لتر.

## ٧- تعيين الجرعة المضافة من كيماويات الترويب

تحـــدد الجرعة المضافة من المروب طبقا لنوع مـــادة الـــترويب المســـتخدمة وكمية العكارة فى المياه ولون المياه والرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة وكذلـــك

زمن الخلط السريع والخلط البطيء لتكوين الزغبات (Floc's). عند زيادة العكـــارة فى الماء مع انخفاض درجة الحرارة يلزم زيادة الجرعة من المروبات كمـــا يلـــزم ضبط الرقم الهيدروجيني للحصول على زغبات أفضل. وذلك لأن مـــروب الشـــبة (أيدر وكسيد الألومنيوم) يختفي في حالة انخفاض الرقم الهيدروجيني وعند زيادتـــه عن ٨,٥ فإنه يتآين إلى الألومنيات القابلة للذوبان فى الماء.

**جدول (٨) أنواع البلمرات العضويه**

| Some Synthetic Ploymers | | |
|---|---|---|
| Nonionic | Anionic | Cationic |
| $[-CH(CONH_2)-CH_2-]_n$<br>Polyacrylamide<br>M.W. ≈ $10^6$ | $[-CH(COO^- Na^+)-CH_2-]_n$<br>Sodium polyacrylate<br>M.W. ≈ $10^6$ | $-CH_2-CH_2-NH_2-]_n$<br>Polyethylene imine<br>M.W. = 600 to 100,000 |
| $[-CH(OH)-CH_2-]_n$<br>Polyvinyl alcohol | $[-CH(C_6H_4SO_3^- Na^+)-CH_2-]_n$<br>Sodium polystyrene sulfonate | $[-CH-CH_2-CH-CH_2-]_n$ (ring: $CH_2$, $CH_2$, $N^+Cl^-$, $CH_3$, $CH_3$)<br>Polydiallyldimethyl-ammonium chloride ("Cat-Floc")<br>M.W. = 10,000 to 100,000 |
| $[-CH_2-CH_2-O]_n$<br>Polyethylene oxide | | $[-CH(C_5H_4N^+HBr^-)-CH_2-]_n$<br>Polyvinylpyridinium bromide |

ولتعيين افضل مروب للاستخدام لنوع معين من المياه العكرة والجرعة اللازمة وافضل رقم هيدروجيني فانه يتم عمل اختبارات معملية باستخدام أنواع مختلفة من كيماويات الترويب مع اختلاف الجرعات والرقم الهيدروجيني. حيث يمكن في بعض الحالات استخدام خليط من المروبات ومساعدات الترويب للحصول على أعلى كفاءة لترسيب والتخلص من المواد العالقة وإزالة المعادن الثقيلة المذابة والضارة بصحة الإنسان ولتكون التنقية طبقا لمعايير مياه الشرب وذلك كما هو موضح فى الجدول (٩).

والجرعات المناسبة عند الحاجة الى إضافة قلوي هي ٤٠-٥٠ ملجرام / لتر من الجير الحي أو٦٠ -٧٠ مليجرام / لتر من الجير المطفئ وتضاف الصودا آس عند استخدام مروب الشبة فقط وليس مروب الحديدوز بجرعة ١٠٠ مليجرام / لتر. وتستخدم البلمرات الكاتايونية كما سبق توضيحه لتأينها وذوبانها في الماء وتوفير الرقم الهيدروجيني المناسب بما يقلل من جرعة المروبات وتحسين نوعية المياه وتدفقها خلال المرشحات. الجرعة العادية للبلمرات (البولى اليكتروليت) هي واحد جزء فى المليون. المياه قليلة العكارة لا تعطى كفاءة مناسبة عند استخدام المروبات فقط وذلك إذا انخفضت العكارة عن ١٠٠ جزء فى المليون ويحدث هذا عامة فى المجارى السطحية العزبة المناوبة آو في حالة السدة الشتوية. ولزيادة العكارة وزيادة كفاءة عمل المروبات تضاف جرعة من الطفلة ٣٥ مليجرام / لتر. الطفلة المناسبة هي الطفلة البنتونيت كما استخدمت بودرة الفحم المنشط الذي يحسن من المذاق والرائحة. وقد ثبت في كثير من الحالات الاستفادة بإضافة الرمل الناعم مع تحسين خصائصه بإضافة البولي اليكتروليت حيث يتم إضافتها قبل إضافة مادة الترويب كما قد تستخدم نسبة من الروبة (Sludge) المرسبة وتدويرها. تحدد الجرعة المناسبة من الروبات ومساعدة الترويب باستخدام جهاز اختبار القنينة وهذا الجهاز يتكون من ٤-٥ قنينة كل بسعة ١-٢ لتر شكل (١٣).

**جدول (٩) المعالجة المؤثرة لإزالة الملوثات الغير عضوية**

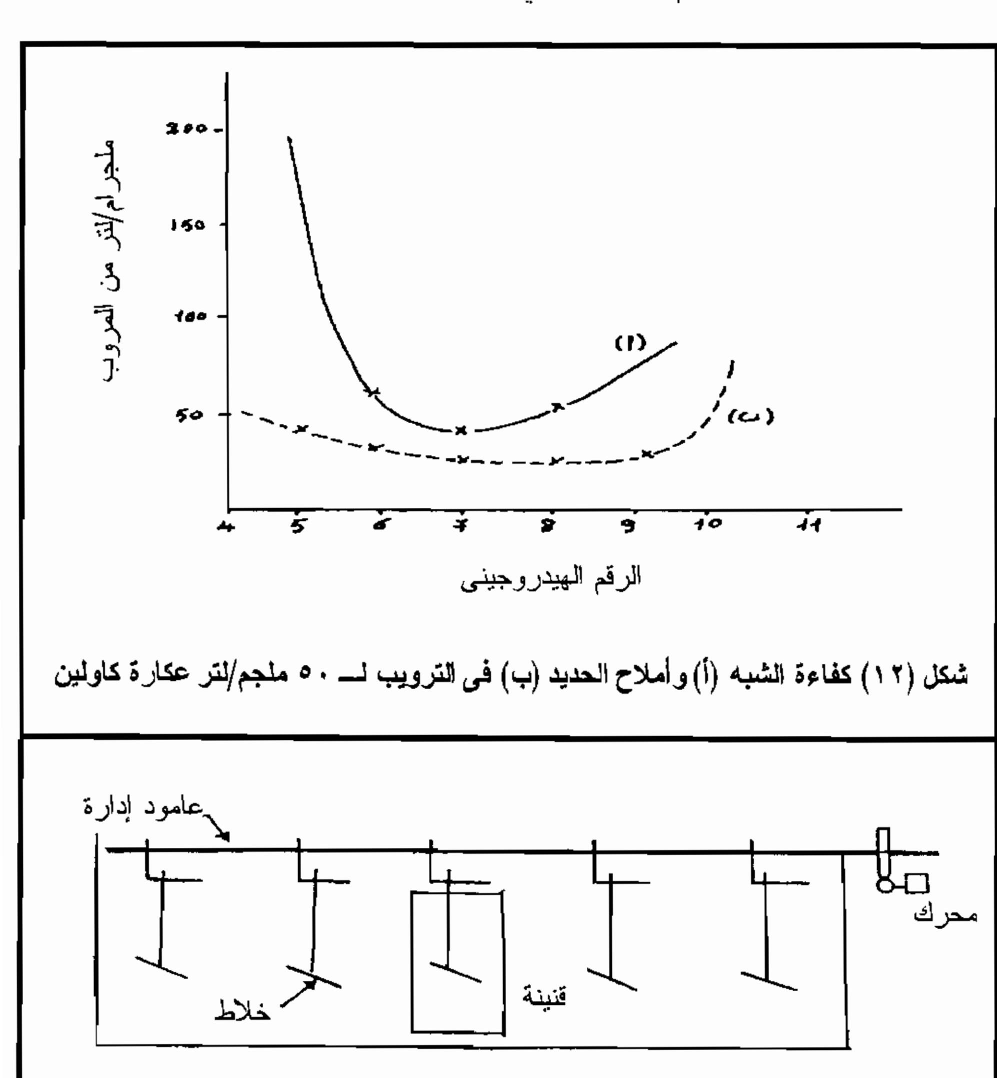
| الملوثات من المعادن الذائبة | الترسيب بالمروبات لإزالتها |
|---|---|
| الزرنيخ الثلاثي $As^{+3}$ . بعد أكسدته إلى خماسي قبل المعالجة | مروبات كبريتات الحديديك عند رقم هيدروجيني ٦-٨ مروب الشبة عند رقم هيدروجيني ٦-٧. عند إزالة العسر باستخدام الجير ومروب كبريتات الحديديك عند رقم هيدروجيني ٨ |
| الزرنيخ الخماسي $AS^{+5}$ | نفس المروبات المستخدمة لترسيب الزرنيخ الثلاثي بعد أكسدته |
| الباريوم Ba | إزالة العسر باستخدام الجير عند رقم هيدروجيني ١٠-١١ التبادل الايونى |
| الكادميوم Cd | مروب كبريتات الحديديك عند رقم هيدروجيني اكبر من ٨ إزالة العسر باستخدام الجير . |
| الكروم الثلاثي $Cr^{+3}$ | مروب كبريتات الحديديك عند رقم هيدروجيني بين ٦-٩ أو مروب الشبة عند لرقم هيدروجيني بين ٧-٩ أو إزالة العسر باستخدام الجير . |
| الكروم السداسي $cr^{+6}$ | مروب كبريتات الحديديك عند رقم هيدروجيني بين٧-٩,٥ |
| الرصاص | مروب كبريتات الحديديك عند رقم هيدروجيني ٦-٩ أو مروب الشبة عند رقم هيدروجينى ٦-٩ أو إزالة العسر باستخدام الجير |
| الزئبق الغير عضوي<br>الزئبق العضوي | مروب كبريتات الحديديك عند لرقم هيدروجيني ٧-٨<br>حبيبات الفحم المنشط |
| السيلينيوم الرباعي $Se^{+4}$ | مروب كبريتات الحديديك عند رقم هيدروجيني ٧-٩ |
| الفضة | باستخدام كبريتات الحديديك عند رقم هيدروجيني ٧-٩ أو الشبة عند رقم هيدروجيني ٦-٨ أو عند إزالة العسر باستخدام الجير . |

يوضع في كل قنينة ذراع خلاط يدور بسرعات متغيرة بواسطة عامود إدارة واحد ومجموعة تروس. يوضع فى كل قنينة عينات متساوية حقيقية من المياه العكرة.

يحقن المروب فى كل قنينة بجرعات مختلفة مثال (١٠-٢٠-٣٠-٤٠-٥٠ مليجرام / لتر) يتم تشغيل الخلاطات التي تعمل بعامود تشغيل واحد بسرعة عالية ٥٠-١٠٠ لفة فى الدقيقة لمدة ٠,٥ إلى ١ دقيقة ثم تخفض السرعة لتكون ٢٠-٣٠ لفة فى الدقيقة لمدة ٢٠-٣٠ دقيقة ثم تترك العينات لمدة ٣٠-٦٠ دقيقة لترسب المواد العالقة. يتم اختبار العينات بالنسبة للعكارة واللون وتسجل اقل جرعة من المروبات والتي تعطى نتائج جيدة لنقاء المياه وشفافيتها (من ٠,٥ الى ١ بمقياس نيفيلوميترى) والاختبار الأخر هو تحضير العينات مع ضبط الرقم الهيدروجيني في كل قنينة لتغطية المجال ٥،٦،٧،٨،٩ مع إضافة جرعة مروبات التي تم تحديدها مسبقا الى كل قنينة ثم يجرى الاختبار كما فى الخطوات السابقة. وتختبر العينات ويحدد أفضل رقم هيدروجيني، ويمكن استخدام نفس الجهاز لأختبار كفاءة الأنواع المختلفة من المروبات أو خليط منها في إزالة العكارة واللون كما يمكن اختبار إزالة المعادن الثقيلة عند جرعات مختلفة من الروبات ومجال هيدروجيني مختلف كما هو موضح في الجدول (٩) ولكن توجد بعض المعادن الثقيلة الضارة بصحة الإنسان والتى لإنزال بأي نوع من المروبات وهى السيلينيوم السداسي التكافؤ ($Se^{+6}$) والذي يزال بالتبادل الايونى او التناضح العكسي وكذلك كلا من الفلورايد والنترات الذي يزال بالتبادل الايونى. ولتعظيم دور الجرعة كمروب يتم أثناء الخلط السريع حقن المروب بسرنجات تحتوى على المروب فى وقت واحد حيث تحقن كل قنينة بها ماء بجرعة مختلفة. بعد الترسيب يتم قياس عكارة الماء بأخذ عينات من الماء بواسطة سحاحة من اسفل سطح الماء فى الإناء مباشرة. كما يمكن كذلك اخذ عينات فى توقيتات مختلفة لتعيين منحنى سرعة الترسيب مقابل العكارة. وأقل عكارة متبقية تقابلها أقصى جرعة للمروب. كما إن سرعة دوران الخلاط فى الدقيقة تمكن من معايرة متوسط التدرج فى السرعة وبذلك يمكن استخدام التجربة فى تعيين طاقة الخلط المختلفة للخلط السريع والخلط البطيء. ولتوضيح كفاءة المروب من الشبة أو أملاح الحديد فى إزالة العكارة طبقا للمجال الهيدروجيني كما هو موضح فى المنحنيات شكل (١٢).

فعند إضافة عكارة للماء من مادة النبتونيت وإضافة مروب من الشبة ومروب آخر من أملاح الحديد بجرعة ٥٠ مليجرام / لتر لكل مروب على حدة.

فان المنحنى (أ) فى الشكل (٢) يبين مجال الرقم الهيدروجيني لإزالة ٥٠ % من العكارة فى الماء عند استخدام مروب الشبة والمنحنى (ب) يبين نفس النسبة من الإزالة للعكارة عند استخدام مروب من أملاح الحديد وتبين النقط على المنحنى الجرعات اللازمة عند الرقم الهيدروجيني.




**شكل (١٢) كفاءة الشبه (أ) وأملاح الحديد (ب) فى الترويب لـ ٥٠ ملجم/لتر عكارة كاولين**

**شكل (١٣) اختبار القنينه (Jar Test)**

## ٨- أمثلة لتعيين الجرعة من المروبات ومساعدة الترويب :

**أ- مثال (١)**

محطة تنقية مياه الشرب ٣٥× ١٠ ٦ لتر/اليوم. جرعة الشـبة المسـتهلكة ٢٠ مليجرام/لتر. إذا كانت قلـوية الميـاه تعادل ٤,٥ مليجرام / لتر من كربونـات الكالسيوم. عين كمية الشبة والجير الحي المحتوى على ٨٠% أكسيد كالسيوم(Cao) المطلوب كل شهر لمحطة التنقية.

**الحل : فى حالة استخدام الجير الحي.**

كمية الشبة المطلوبة : =٢٠×٣٥×١٠ ٦/١٠ ٦=٧٠٠ كيلو جرام فى اليوم

= ٠,٧ طن فى اليـوم = ٢١ طن فى الشهر.

بفرض محلول الشبة بتركيز ٥% أذن حجم المحلول اليومـي=١٠٠×٠,٧/٥ = ١٤ متر مكعب . بفرض استخدام ثلاثة أحواض لخلط محلول الشبة إذن كل حوض يسع ٤,٧ متر مكعب.

أبعاد الحوض بسعة ٥ متر مكعب (أسطواني) هي قطره ١,٥متر ارتفـاع ١,٥ لتعيين مساعدات الترويب يتم الاستعانة بالتفـاعلات التاليـة التـي تحـدث أثنـاء المعالجة.

$$Al_2(SO_4)_3.14H_2O+3Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow 2AL(OH)_3+3CaSO_4+14H_2O+6CO_2$$

وحيث إن الوزن لجزيئي للشبة هو:

٢ × ٢٧ + ٣ (٣٢ + ٤ × ١٦) + ١٤ (٢ + ١٦) = ٥٩٤

الوزن الجزئي المكافئ من الجير الحي:

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO+CO_2$$

$$CaO+H_2O+CO_2 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

نظرا لأن الوزن الجزيئى للكربونات ($Ca\ CO_3$) = ٤٠+١٢+٣×١٦=١٠٠.

والوزن الجزيئى للجير الحى ($Ca\ O$) = ٤٠ + ١٦ = ٥٦.

من المعادلات السابقة والاوزان المكافئة فان القلوية اللازمة لوزن جزئي من الشبة هي ٣ وزن جزئي من بيكربونات الكالسيوم وهذه تعادل ٣وزن جزئي من كربونات الكالسيوم وهذه تعادل ٣ وزن جزئي من أكسيد الكالسيوم (الجير الحى).

. . القلوية اللازمة لـ ٥٩٤ جزئ من الشبة يقابلها ٣(٤٠+١٦) = ١٦٨ جزىء من الجير الحى.

. . كمية الجير الحى المكافئة لـ ٢٠ مليجرام / لتر من الشبة = ٢٠×١٦٨/٥٩٤ = ٥,٦٦ مليجرام / لتر

. . قلوية الماء ككربونات كالسيوم هي ٤,٥ مليجرام / لتر = ٤,٥×٥٦/١٠٠=٢,٥٢ مليجرام/لتر من أكسيد الكالسيوم .

. . كمية الكالسيوم المطلوب إضافتها هي = ٥,٦٦ –٢,٥٢=٣,١٤ مليجرام / لتر

ونظرا لأن الجير الحى به ٨٠ % أكسيد كالسيوم .

. . $\frac{100\times 3.14}{80}$ = ٣,٩٥ مليجرام / لتر .

. . كمية الجير المطفى اللازم لمعالجة ٣٥×١٠ [٦] لتر فى اليوم .

= ٣,٩٥×٣٥×١٠ [٦] مليجرام / اليوم = ١١٣,٨٢٥ كيلو جرام / اليوم.

= ١١٣,٨٢٥ ×٣١ / ١٠٠٠ = ٣,٥٨٢ طن فى الشهر .

وفى حالة استخدام الصودا آش ($Na_2\ CO_3$):

وذلك حسب المعادلة الآتية:

$$2Al(OH)_3+3Na_2\ SO_4+3CO_2+H_2O \longrightarrow Al_2(SO_4)_3\ 14H_2O+Na_2CO_3$$

. . الوزن المكافئ من الصودا آس الذي يقابله ٥٩٦ جزئ من الشبة = ٢ × ٢٣ + ١٢ + ٣ × ١٦ = ١٠٦جزئ من الصودا آس .

. . . ٢٠ مليجرام / لتر من الشبة تكافئ ٢٠×١٠٦ /٥٩٤= ٣,٥ مليجرام / لتر من الصودا آس .

٣,٥ مليجرام / لتر صـــودا آس تكـــافئ ١٠٠×٣,٥/١٠٦ = ٣.٣ كربونـــات كالسيوم .

. . كمية الصودا آس اللازم أضافتها = ٤,٥-٣.٣ (١٠٦/١٠٠ )

= ١,٢×١,٠٦= ١,٢٧٢ مليجرام / لتر .

= ١,٢٧٢×٣٥×١٠ ٦×٣١ /١٠٠٠

= ١,٣٨ طن فى الشهر

**ب- مثال (ب)**

عين كمية كبريتات الحديدوز اللازمة فى اليـــوم لمعالجة ٤×١٠ ٦ لـــتر فـــي اليوم إذا كان ١١ ملجرام / لتر من كبريتات الحديدوز تستهلك بالجير المطفئ فـــى حوض الترويب.

**الحل :**

كمية المياه المعالجة = ٤×١٠ ٦ لتر فى اليوم.

كمية كبريتات الحديدوز = ١١×٤×١٠ ٦ ملجرام / اليوم =١٦,٠٦ طـــن فـــى العام.

التفاعلات الكيميائية التي تحدث أثناء عملية المعالجة هي:

$$Fe\,SO_4\,7H_2O + Ca\,(OH)_2 \longrightarrow Fe\,(OH)_2 + Ca\,SO_4 + 7H_2O$$

$$Ca\,O + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

الوزن الجزيئى للكبريتات الحديدوز هو ٢٧٧,٨٥ تقريبا ٢٧٨

الوزن الجزيئى لأكسيد الكالسيوم هو ٥٦ .

من المعادلات السابقة فان الوزن الجزيئى من كبريتات الحديدوز تحتاج الـــــى وزن جزيئى من الجــــير المطفـــى أي ٢٧٨ مليجـــرام مـــن الحديـــدوز تحتـــاج ٣,٢٣ = ١٦,٠٦×٢٧٨/٥٦

. . كمية الجير المطفى = ٣,٢٣ طن فى اليوم .

**ملحوظة: الوزن الذرى للعناصر المستخدمة :**

Fe = ٥٥,٨٥ ، S = ٣٢ ، O =١٦ ، H =١ ، Ca =٤٠ ، C =١٢ ، Al =٢٧

# الباب الثالث

# طرق ترسيب المواد الصلبة العالقة

## الباب الثالث

# طرق ترسيب المواد الصلبة العالقة (العكارة)

**التخلص من المواد الصلبة العالقة (العكارة) تتم فى مرحلتين:**

**المرحلة الأولى:** وتشمل حقن كيماويات الترويب وترسيب المواد الصلبة العالقة.

**المرحلة الثانية** : الترشيح لتنقية المياه من العكارة والتطهير.

**وتتم المرحلة الأولى فى أربع عمليات متتالية أو متداخلة وهى:**

بتجهيزات التغذية بكيماويات الترويب – الخلط السريع – الخلط البطئ – الترسيب

**المرحلة الثانية:** وهى الترشيح وتتم إما فى مرشحات رملية بطيئة أو سريعة أو الترشيح بضغط المياه.

# القسم الأول

# تجهيز الكيماويات - الخلط السريع - الخلط البطئ

المرحلة الأولى وتشمل إعداد كيماويات الترويب في الشكل الجاف أو المحلول ثم الخلط السريع للمروب مع المياه العكرة لتحقيق الانتشار السريع للمروب مع المياه العكرة والتلامس مع الأجسام العالقة كاملا فى جميع محتويات الماء ثم الخلط البطئ حيث يتم الالتصاق بين زغبات المروب والمواد الصلبة العالقة وتتكون زغبات كبيرة الحجم فى حوض المزج البطئ والتى ترسب ولذلك تسمى أحواض المزج البطئ بالمروقات (Clarifiers).

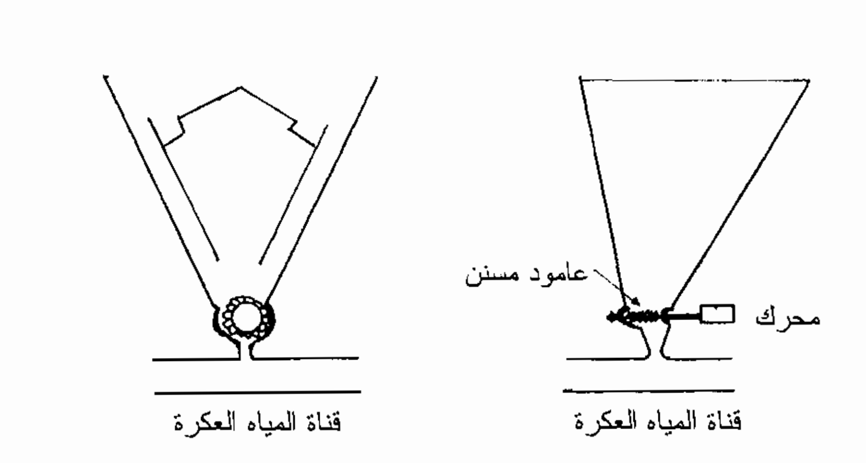
## ١- تجهيزات التغذية بكيماويات الترويب :

نظراً لأن الخلط السريع يهدف إلى الانتشار الفورى لجرعة الكيماويات خلال كتلة المياه لذلك يتم التقليب السريع للمياه مع حقن كيماويات الترويب فى اكثر المناطق اضطرابا (Turbulent) للتأكد من المزج السريع والمتجانس فى كتلة المياه ولأن تميؤ الماء المروب يتم فى ثوان قليلة كما أن عملية عدم ثبات المواد العالقة (Destabilization) نتيجة وجود شحنات كهربية مختلفة بين المروب الذى يكون زغبات موجبة الشحنة والعكارة التى تحمل شحنة سالبة تستغرق وقت صغير جدا. لذلك يوضع تجهيز الخلط السريع (Rapid Mixer) قرب مخازن الكيماويات وقريباً من حوض الخلط البطئ وتكون ماسورة التغذية للمروب قصيرة. قد تتم التغذية بالمروبات فى الشكل الجاف أو المحلول. التغذية الجافة سهلة وتتطلب حيز صغير جداً واقتصادية ولا تحدث تآكل ولكن ليس كل الكيماويات يمكن استخدامها فى

الشكل الجاف نظراً لأن بعضها قد يحدث انسداد. التغذية الجافة تتم للمروب ذو الحبيبات المنتظمة وثابت التركيب ولا يتميأ ولا يولد أبخرة ويظل جاف تحت ظروف الضغط والحرارة المتغيرة ولهذا يمكن استخدام كبريتات الحديدوز والجير المطفى فى الشكل الجاف.

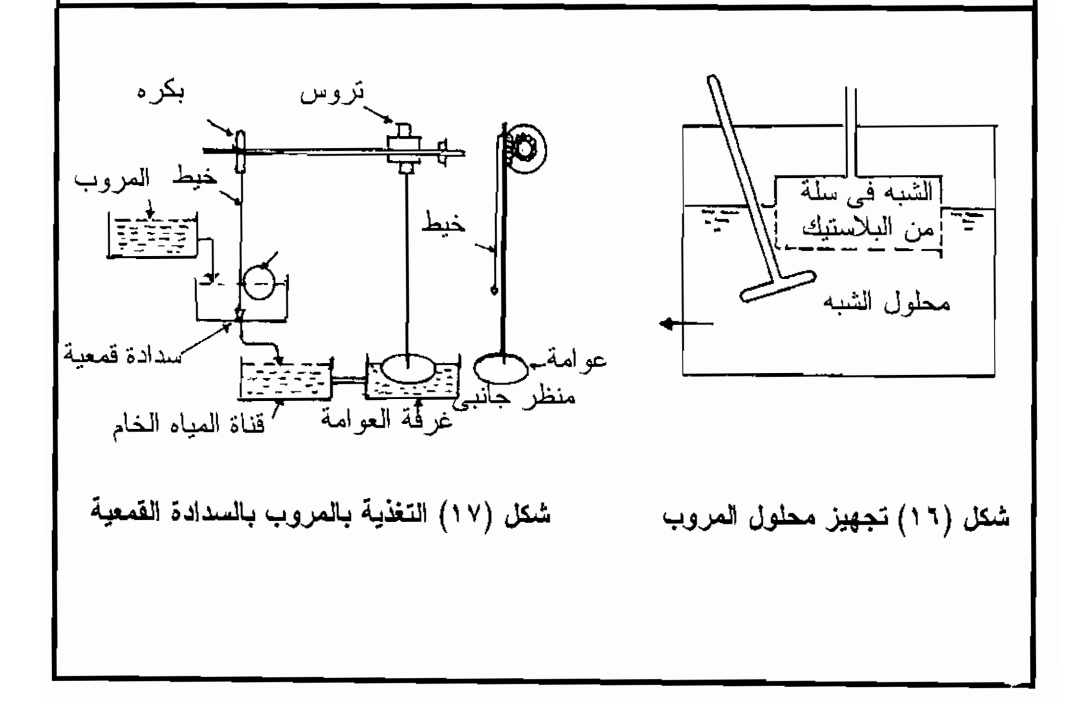
### أ- تجهيزات التغذية الجافة بكيماويات الترويب : شكل (١٤، ١٥)

تعمل هذه التجهيزات على أساس الإزاحة الحجمية والوزنية للكيماويات الجافة حيث توضع الكيماويات فى القادوس القمعى ويجرى سحب المادة الجافة بفعل دوران العامود المسنن شكل (١٤) أو العجلة المسننة شكل (١٥) فى قاع القادوس التى تدار بواسطة الفنتوى الموجود على ماسورة المياه العكرة التى تغذى وحدة المعالجة حيث يمكن زيادة سرعة الدوران آلياً مع زيادة تدفق المياه العكرة.




**شكل (١٤) العامود المسنن للخلط الجاف**

**شكل (١٥) العجلة المسننة للخلط الجاف**




**شكل (١٦) تجهيز محلول المروب**

**شكل (١٧) التغذية بالمروب بالسدادة القمعية**

### ب- تجهيز محلول كيماويات الترويب : شكل (١٦)

يجهز المحلول المروب في سلة معدنية مثقبة أو صندوق معدني مثقب أو أي وعاء مثقب من البلاستيك (من البولي اثيلين أو البولي بروبلين) ثم رشه بالماء الساخن ثم يوضع المحلول في خزانات تسع لتشغيل وردية واحدة وذلك عند استخدام الشبة كمروب. يجهز محلول الشبة بتركيز ٤-٥ % ولا يقل التركيز عن ١,٥% قبل الحقن للمحلول سواء كان هذا المحلول معد مسبقا من مادة المروب الصلبة أو المحلول التجاري (بتركيز ٥٠%). كما يلزم الإشارة إلى إن محلول الشبة بتركيز اقل من ١% يجعل الشبة تكون زغبات الشبة مع مياه التخفيف قبل حقنها في كتلة المياه العكرة ، ولهذا فان تركيز محلول الشبة يجب ألا يقل عن ١,٥ % ويعد محلول الشبة كما في الشكل (١٦) والتغذية بالمحلول بالسداده القمعية شكل (١٧).

## ٣- طرق الخلط السريع : Rapid Mixing الأشكال (١٧ – ٣٥).

تتوقف الطريقة المستخدمة في الخلط السريع على حجم المحطة ومعدل التدفق ونوع مادة الترويب وتشمل هذه الطرق .

الخلط الميكانيكي وهو شائع الاستعمال.

الخلط الهيدروليكي و يتميز بالبساطة في التشغيل ولا يحتاج إلى طاقة ميكانيكية.

الخلط بالمضخات وهو لا يتأثر بمعدل التدفق.

الخلط في الخط In Line Blender ويشمل نوعين.

الخلط في الخط الميكانيكي وهو جيد وبسيط عند كل التدفقات.

الخلط في الخط الإستاتيكي حيث تتغير الطاقة مع معدل التدفق.

### أ- الخلط الميكانيكى :

الخلط الميكانيكى السريع يتم فى حوض مجهز بأذرع الخلط وتكــون ســرعة دوران أذرع الخلط من ٣٠٠ - ٦٠٠ لفة فى الدقيقة . ويراعى إن يصمم حــوض الخلط ليوفر زمن تلامس (Contact Time) من ٢-٥ ثانية

### ب- الخلط الهيدروليكى: شكل (١٨ ، ١٩ ، ٢٠ ، ٢٥ ) .

فى الخلط الهيدروليكى السريع تستخدم بتجهيزات مثــل القنــوات أو الغــرف المجهزة بعوائق (Baffles) التى تحدث اضطرابات (Turbulence) لتدفقات الميــاه شكل (١٨، ١٩) كما تستخدم الهدارات (weirs) والقفز الــهيدروليكى (Hydraulic jumps) كما فى الأشكال (٢٠) كما يمكن عمل الخلط الهيدروليكى بتغذية المحلــول عند جانب السحب للطلمبة مع التصميم الجيــد المناســب. الشــكل (٢٥) الخلــط الهيدروليكى بالحوائط الحائله.

### جـ- الخلط بالمضخة على الخط : شكل (٢٢)

يشمل الخلط السريع بالمضخة على الخط بتجهيزات ميكانيكيــة وهيدروليكيــة وفى هذه الحالات يجب ألا يزيد معدل ضخ الماء بالطلمبة عن ١٠٠ ضعف حجــم المحلول للمروب شكل (٢٢).

### د- الخلط فى الخط: (In Line Blender)

ويشمل الخلط الميكانيكى فى الخط والخلط الاستاتيكى فى الخط.

الخلط الميكانيكى شكل (٢١، ٢٢) والخلط الإستاتيكى شكل (٢٤).

عند استخدام التغذية الميكانيكية لمحلول الشبة فى الخط فانه يمكن تغذية الشــبة مباشرة لماسورة الطرد لمضخات الضغط العالى حيث يسحب المحلــول بواســطة مروحة تتبع لفاتها لفات عامود إدارة مضخة الضغط المنخفض فيكــون تصــرف الجرعة مناسب لتصرف ماسورة التغذية.

وهناك طريقة أخــرى موضحة فى الشكل (٢٣) فعنــد مــرور الميــاه فــى الماسورة (أ) إلى الاتجاه (ب) تدور مروحة صغيرة (ج) بواسطة مجموعة الحركـة المبينة فى الشكل فيدور عامود المضخة (د) التى تنقل المحلول فى الماسورة بمعدل يتوقف على سرعة المياه فى الماسورة (أ).

وفى جميع حالات الخلط السريع فان سرعة تدفق المياه فى وعاء الخلط تكــون ما بين ١٥-٣٠ سم / ث ولا تقل السرعة عــن ١٠ ســم / ث ولا تزيــد عــن ٧٥سم/ث حيث فى الحالة الأولى فان الزغبات ترسب وفى الحالة الثانيـــة فإنــها تذوب وتختفي.

## ٣- تكوين الزغبات بالخلط البطئ : flocculation

### الأشكال أرقام (٢٦ – ٣٠)

### أ- رحلة المياه ما بين حوض الخلط السريع وحوض الخلط البطئ (التزغيب):

السرعة المناسبة للمياه من حوض الخلط السريع الى حوض الخلط البطئ هــى ٧٠سم/ث وقنوات التوزيع للمياه ما بين حوض الخلط السريع وحــوض الــتزغيب عادة تتناقص تدريجيا فى مساحة المقطع للمحافظة على ثبات سرعة المياه. وفـــى المحطات الكبيرة فان مسافة انتقال المياه من أحواض الخلط السريع الى أحـــواض الخلط البطئ قد تزيد عن ٤٠ متر. وتتدفق المياه بسرعة بطيئة خلال المواســير أو القنوات المجهزة بالهدارات المغمورة لتبطئ السرعة مع تجنب الاضطرابات فـــى حركة المياه وكذلك ثبات كلا من المنسوب ومعدل التبطئ لسرعة المياه. الزغبــات التى تتكون بعد ٢ ثانية من إضافة المروب والخلط السريع تتفتت إذا كــان هنــاك اختلاف فى السرعة أو المنسوب فى مسار المياه من الخلط الســريع الــى الخلـط البطئ. الزغبات المفتتة قد لا ترسب بسرعة ولا يعاد تجميعها مما يتطلب ســـرعة التغذية بالمروب ولذلك فان أقصى زغبات مناسبة للترسيب والترشيح هـــى التــى تتكون فى ظروف الخفض المتدرج لسرعة المياه.

وهناك فكر آخر الذى يوصى بتوفير طاقة متغيرة ومفاجئة فى حوض التزغيب وهذه تتم فى شكل نبضات (Variable Energy or Pulsating Energy). وان كـــان هذا يخالف نظرية الطاقة (السرعة) المتدرجة فى التبطئ ولضمـــان نجـــاح فكـــرة النبضات المفاجئة (Pulsation) والتى ستناقش فى القسم الثالث من الباب الثالث فانه يلزم عمل التجارب النصف صناعية قبل التصميم لهذا النوع من أحواض التزغيب.

**ب- التزغيب بالخلط البطئ : Flocculation :**

فى حوض الخلط البطئ والمستمر تتكون الزغبات نتيجة التصاق الجســـيمات الصغيرة العالقة لتكوين جسيمات اكبر حجما يمكن إزالتها بالترسيب أو بالترشـــيح. إن بناء أقصى حجم من الزغبات والذى يتراوح ما بيـــن ٠,١ الـــى ٠,٢ مليمـــتر يتطلب الخلط البطئ لمدة ٢٠ق مع التدرج فى تقليل طاقة الخلـــط أي فـــى تقليـــل سرعة ازرع الخلط عند استخدام الخلط الميكانيكى أو باستخدام الحوائـــط الحائلـــة. ولذلك فان حوض التزغيب يجب إن يوفر الالتصاق أو الصدامـــات الهادئـــة بيـــن الأجسام العالقة وتتوقف عملية التزغيب على عدد هذه الصدامات بيـــن الزغبـــات الصغيرة فى وحدة الزمن. لذلك فعند تصميم حوض التزغيب لا يؤخذ فى الاعتبـــار التدرج فى السرعة (G – الطاقة) فقط بل كذلك زمن المكـــث Detention Time(T) والنتائج GT هو قياس لعدد الصدامات للجسم العــــالق وبالتـــالى لعمليـــة تكويـــن الزغبات.

والتدرج فى السرعة G = $\sqrt{\frac{MV}{P}}$

**حيث :**

**G = التدرج فى السرعة ( ثانية $^{-1}$ )**

**P = الطاقة المنقولة للمياه (كيلو وات )**

**V = حجم المياه أو حجم حوض الخلط البطئ (التزغيب )**

**M = لزوجة الماء**

**اللزوجة للماء هى :**

**١,١٤ × ١٠^-٦ م٢ / ث عند درجة حرارة ١٥° م**

**١ × ١٠^-٦ م٢ / ث عند درجة حرارة ٢٠° م**

**٠,٩ × ١٠^-٦ م٢ / ث عند درجة حرارة ٢٥° م**

**٠,٨ × ١٠^-٦ م٢ / ث عند درجة حرارة ٣٠° م**

**القيم المثالية لقيم (GT) فى حوض الترغيب هى كالأتي :**

$G\ sec^{-1}$ = من ٤٥ –٩٥

T sec = ١٢٠٠ – ١٨٠٠

GT = ٥٠٠٠٠ – ١٥٠٠٠٠

ولكل نوع من أحواض الترغيب يتم الاختيار بعناية لقيمة GT المناسبة وتكون عالية بما يوفر أفضل تكوين للزغبات بدون حدوث تفتت أو تشتت لهذه الزغبات بعد تكوينها. وكذلك يمكن تحسين الصدامات الداخلية للزغبات باستخدام كيماويات مساعدة مثل السيليكا المنشطة أو البولى اليكتروليت وهما من مساعدات الترويب كما أنه من المفضل توفر قوة قص مستمرة (Shear Force) لتبطئ السرعة فى كل مقطع الحوض ولهذا يقسم حوض الترغيب إلى غرف لمنع قصر الرحلة والتناقص فى الطاقة ولهذا توضع العوائق (Baffles) فى حوض الترغيب الهيدروليكى الكبير فقط والذى تزيد طاقته عن ٢٠٠٠٠ متر مكعب فى اليوم وتلغى فى الأحواض ذات الطاقة اقل من ذلك لتبسيط التصميم. وفى حالة عدم وجود تقسيمات فى الحوض يزداد زمن المكث عن ٢٠ دقيقة. واذا كان الحوض يعمل بالترغيب والترسيب معا فان الطاقة المستخدمة تكون اقل وزمن المكث للماء فى الحوض يكون من ١٨–٢٥ دقيقة. ويجب مراجعة حجم وكثافة الزغبات بالنسبة لعملية الترسيب والترشيح. الزغبات الكبيرة قد تكون قابلة للترسيب ولكنها غير مناسبة للترشيح المباشر والذى يتطلب عندئذ الغسيل العكسى للمرشح من إن إلى آخر. الزغبات

المناسبة للفصل بالترشيح المباشر (بدون الترسيب المسبق) هى الزغبات صغيرة الحجم وذات الكثافة العالية.

## ٤- أحواض المزج البطئ (التزغيب) : Flocculator

المزج البطئ لتكوين الزغبات يمكن إن يتم بالتجهيزات الميكانيكية أو بالطرق الهيدروليكية. المزج الهيدروليكى البطئ مناسب للمحطات الصغيرة والميكانيكى مناسب لكل المحطات الصغيرة والكبيرة.

### أ- المزج الميكانيكى البطئ ( التزغيب الميكانيكى) : Mechanical Flocculator

المزغبات الميكانيكية تتكون غالبا من الازرع والتى تدور بسرعة بطيئة جدا بمعدل ٢-٣ لفة فى الدقيقة. وأزرع التقليب قد تدور على عامود إدارة رأسي أو أفقي. المزغبات ذات عامود الإدارة الرأسى وأزرع التقليب العمودية عادة تكون مرتبطة بأحواض مربعة وأقصى أبعادلها هى ٦ متر × ٦ متر وعمق من ٣ - ٥ متر. المزغبات ذات الهيكل الأفقى وأذرع التقليب الأفقية عادة تكون طويلة ويتراوح الطول ما بين ١٠ -٣٠ متر والعرض ما بين ٣-٥ متر والأبعاد الصغيرة هى المستخدمة عادة.

وتصمم الحوائط الحائلة فى أحواض التزغيب بالتقليب الميكانيكى البطئ لمنع قصر المسافة (Short Circuit)، وتكون مسافة الفتحات فى الحوائط الحائلة بما يسمح بسرعة تدفق للمياه من ٣٠-٤٥ سم/ث. وعادة فان أحواض التقليب الميكانيكى البطئ ذات أذرع التقليب الأفقية. ولذلك فان السرعة العالية قد لا تنتج الزغبات المناسبة للترسيب فى المروقات ذات أذرع التقليب العمودية مما يتطلب زيادة جرعة المروبات أو إضافة مساعدات الترويب (Coagulant Aids). أحواض الخلط البطئ ذات الأزرع العمودية تكون أجزاء الحركة بها غير مغمورة فى الماء وهى عادة اقل فى التكاليف وازرع التقليب الأفقية اكثر مناسبة للاستخدام فى حالة الترشيح المباشر والسرعة المناسبة لزراع التقليب هى من ٣٠-٧٥ سم /ث

وتصمم الهدارات لخروج المياه من حوض التقليب الميكانيكى بسرعة ٣٠ سم / ث أو بتوفير نسبة فتحات من ٣-٦% شكل (٢٩،٣٠).

**ب- المزج الهيدروليكى البطئ (التزغيب الهيدروليكى) Hydraulic Flucculator: الأشكال (٢٦-٢٩)**

التزغيب الهيدروليكى بسيط وفعال وخاصة فى حالة ثبات التدفقات ويمكن توفير الطاقة للماء وقصر الرحلة باستخدام العوائق المعقدة (Maze Type) شكل (٢٦) أو باستخدام العوائق ذات التدفق المتقاطع شكل (٢٧). العوائق المعقدة تعطى نتائج جيدة عند سر عات ٢٠-٤٠ سم/ ث وقد يكون التزغيب جيد بسبب الاضطراب الذى يحدث نتيجة التغير فى الاتجاه ١٨٠ درجة عند نهاية كل عائق. وفى المزغبات ذات العوائق الأفقية أشكال (٢٦،٢٧) فان السرعة المياه عموما هى من ١٠-٣٠ سم / ث وزمن المكث من ١٥-٢٠ ق، هذا النوع يناسب المحطات الصغيرة جدا. وتتوقف الكفاءة على عمق المياه فى الحوض والذى يتراوح ما بين ٣-٥ متر لكل من حوض التزغيب والمروق بالإضافة إلى وجود ميل فى قاع الحوض. وتجهز الأحواض ذات التدفق المتقاطع شكل (٢٧) بفتحات فى قاع العوائق لأغراض النظافة بارتفاع ١٠-١٥ سم وبطول ٤٠-٦٠ سم.

المزغبات ذات التدفق الرأسى خلال الحارات المعدة بالعوائق الراسية تناسب المحطات المتوسطة والكبيرة وسرعة المياه فيها من ١٠-٢٠ سم /ث وزمن المكث من ١٠-٢٠ ق ويعد الحوض كذلك بتجهيزات لإزالة الرواسب شكل (٢٨).

**ج- المزغب الهيدروليكى ألا باما : Alabama flocculater شكل (٣١)**

يتكون المزغب الهيدروليكى ألا باما من غرف منفصلة ملتصقة على التوالي حيث تتدفق المياه خلالها فى اتجاهين ومن غرفة الى الغرفة التى تليها تدخل المياه اسفل كل عائق مجاور عند نهاية القاع خلال مخارج منحنية الى أعلى ولأحداث التزغيب المؤثر فى كل غرفة فان المخارج توضع على عمق ٢,٥ متر اسفل منسوب المياه.

**بيانات التصميم لمزغب ألا باما :**

**الطاقة العادية لكل غرفة من ٢٥ –٥٠ لتر/ث لكل متر مربع .**

**السرعة عند الانحناءات من ٤٠-٥٠ سم/ث .**

**طول الغرفة الواحدة (L) من٠,٧٥ – ١,٥ متر .**

**العرض (B) من ٠,٥ – ١,٢٥ متر .**

**العمق (H) من ٢,٥ – ٣,٥ متر .**

**زمن المكث (T) من ١٥-٢٥ ق .**

والفقد فى الضغط عادة من ٠,٣٥ الى ٠,٥ متر لكل وحدة والتدرج فى السرعة عادة من ٤٠-٥٠ ثانية$^{-1}$

الجدول رقم (١٠) يوفر بيانات استرشادية لتصميم مزغب ألا باما.

**مثال :**

معدل التدفق (Q) = ١,٢ م$^{٣}$/ق، زمن المكث = ١٥ ق

**الحل :**

معدل التدفق ١,٢ م$^{٣}$ / ق =٢٠ ل /ث

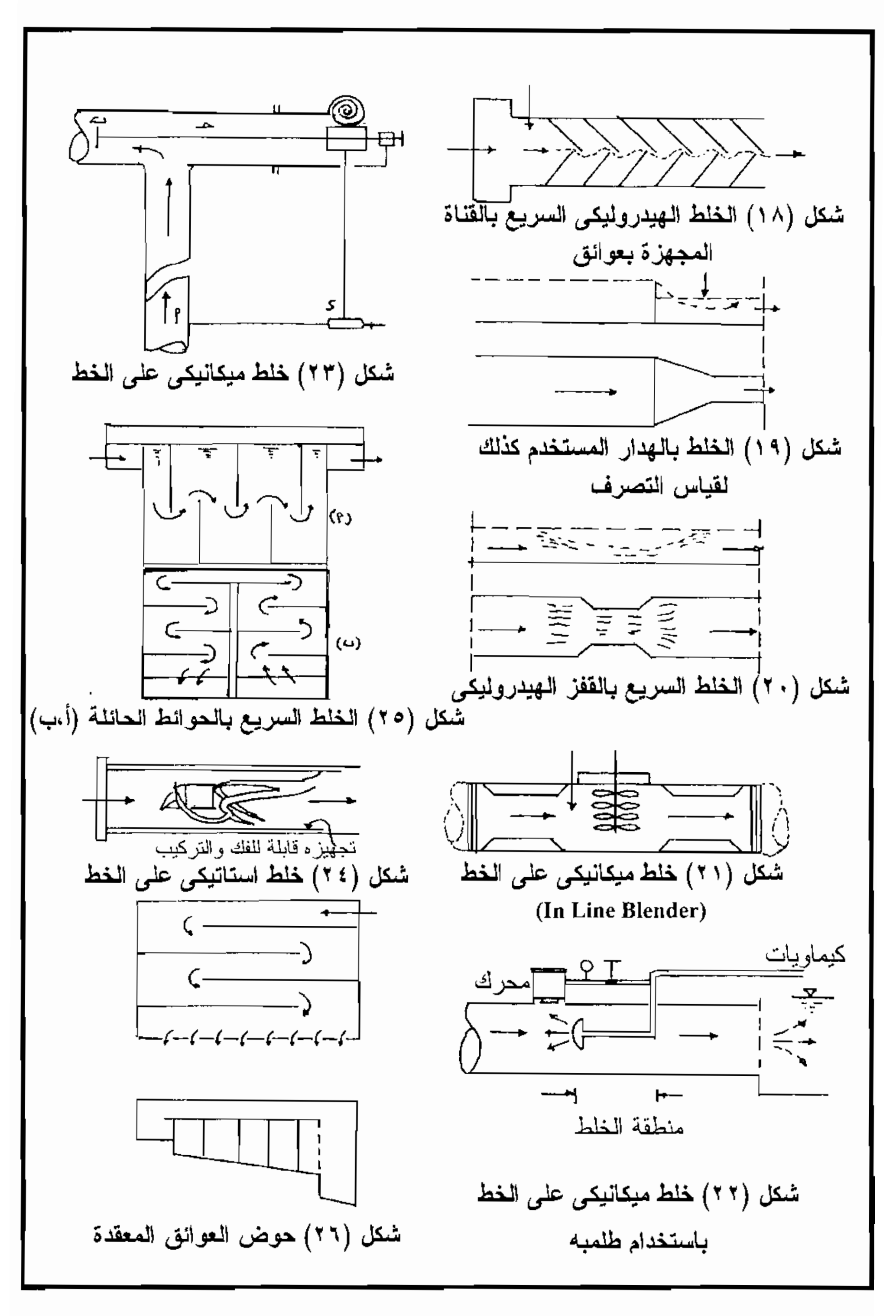
بما أن قطر الماسورة المنحنية ٢٥٠ مم (١٠") ( D)

حجم الغرفة الواحدة ١,٣ م$^{٣}$ (العرض B=٠,٦ متر، الطول L = ٠,٧٥ متر)

إجمالي الحجم المطلوب = معدل التدفق × زمن المكث

= ١,٢×١٥=١٨ م$^{٣}$

عدد الغرف = ١٨/ ١,٣ = ١٤ غرفة




شكل (١٨) الخلط الهيدروليكى السريع بالقناة المجهزة بعوائق

شكل (٢٣) خلط ميكانيكى على الخط

شكل (١٩) الخلط بالهدار المستخدم كذلك لقياس التصرف

شكل (٢٠) الخلط السريع بالقفز الهيدروليكى

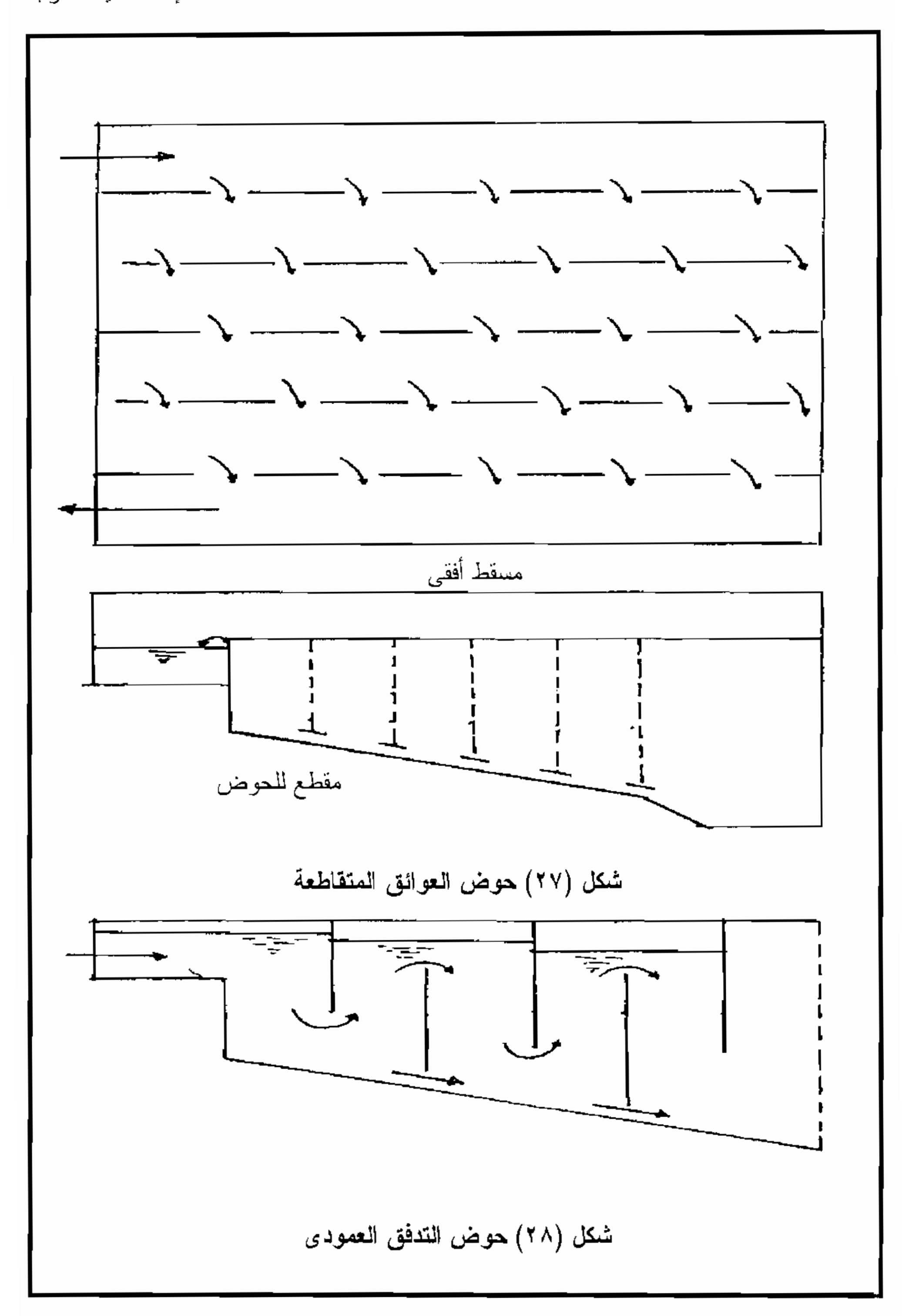
شكل (٢٥) الخلط السريع بالحوائط الحائلة (أ،ب)

شكل (٢٤) خلط استاتيكى على الخط

شكل (٢١) خلط ميكانيكى على الخط

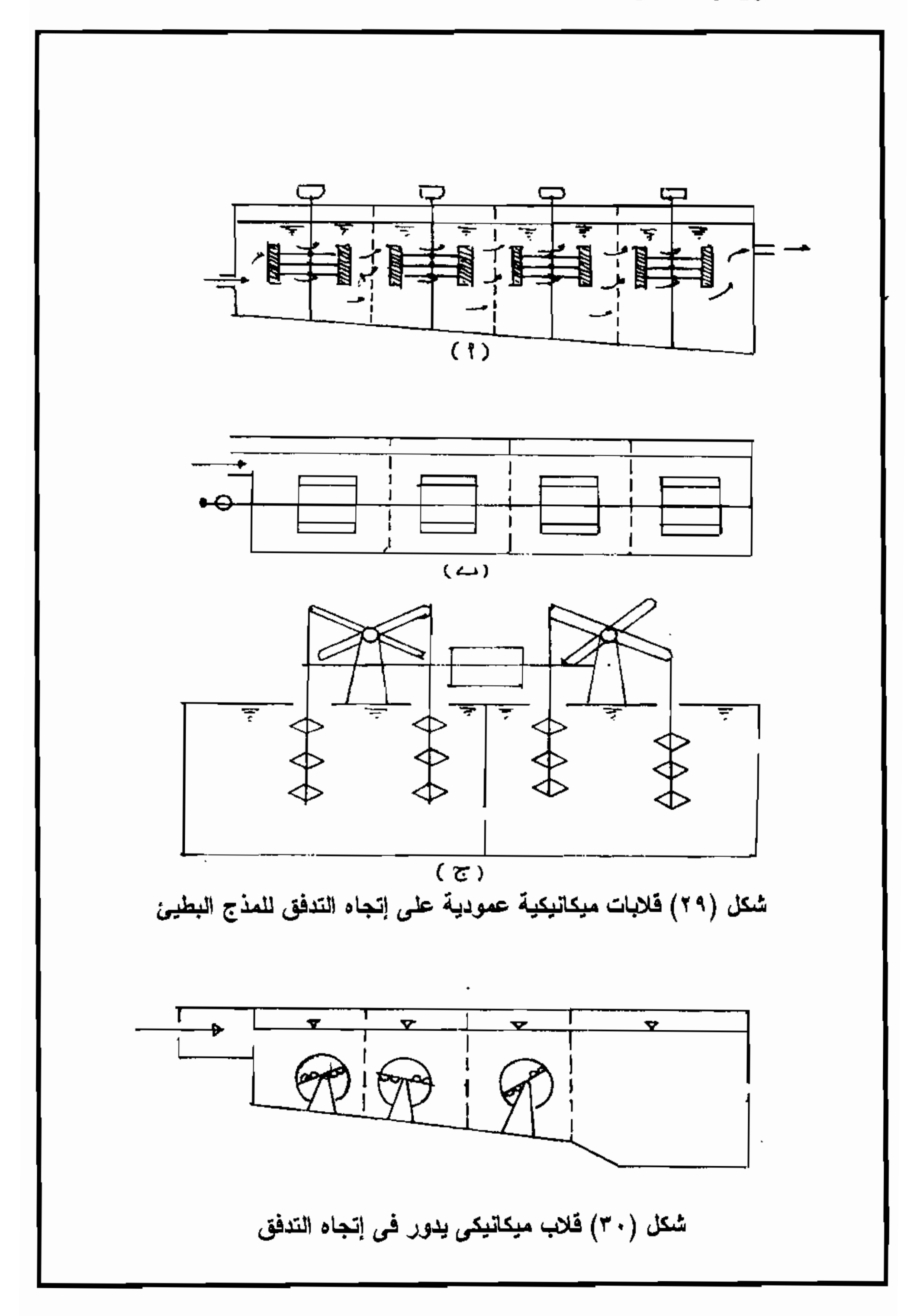
شكل (٢٢) خلط ميكانيكى على الخط باستخدام طلمبه

شكل (٢٦) حوض العوائق المعقدة




**شكل (٢٧) حوض العوائق المتقاطعة**

**شكل (٢٨) حوض التدفق العمودى**

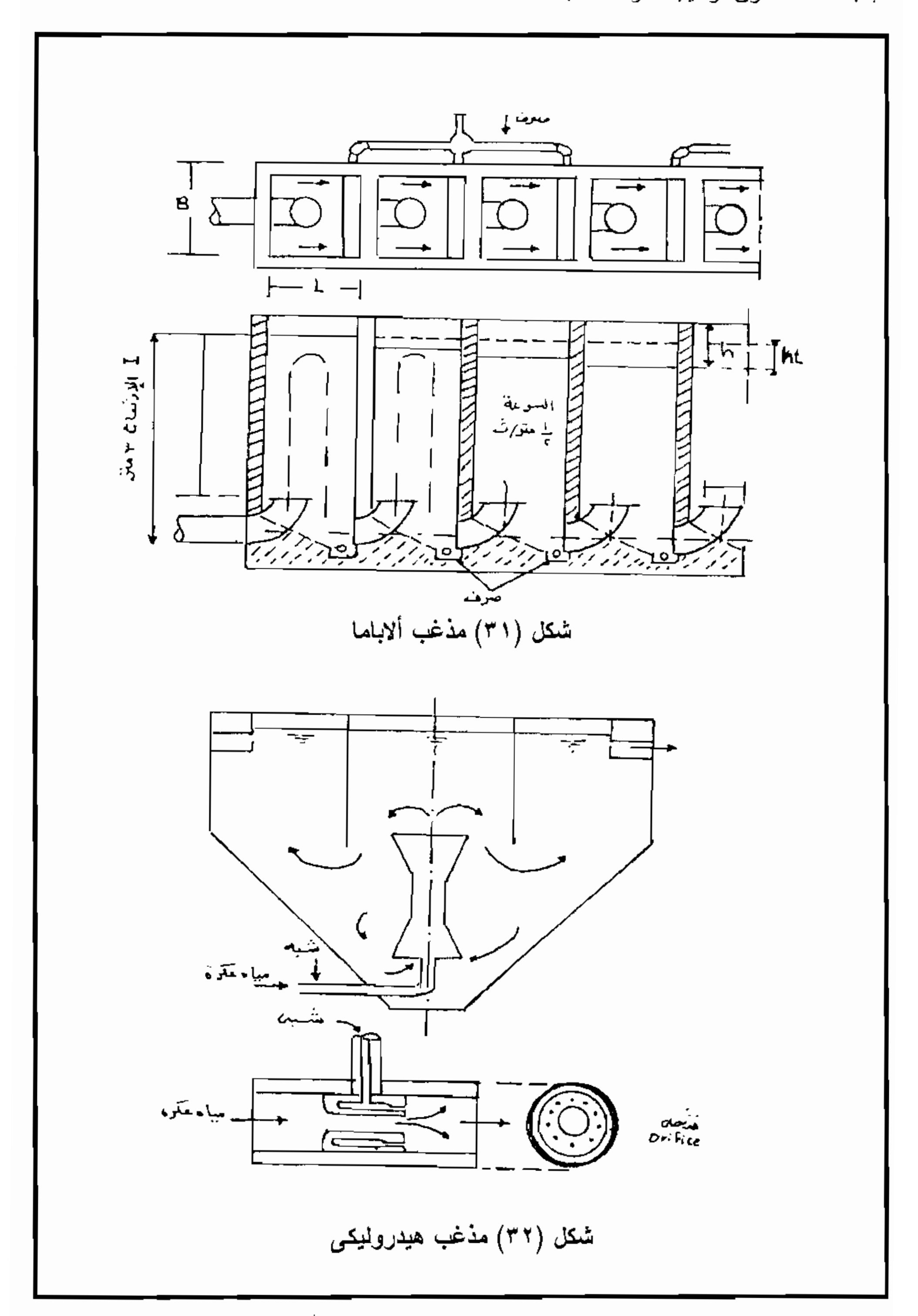



شكل (٢٩) قلابات ميكانيكية عمودية على إتجاه التدفق للمزج البطيئ

شكل (٣٠) قلاب ميكانيكى يدور فى إتجاه التدفق

**جدول رقم (١٠) بيانات عملية استرشادية لتصميم مزغب الاباما**

| معدل التدفق Q لتر / ث | العرض B بالمتر | الطول L بالمتر | القطر D مم | مساحة الغرفة الواحدة م٢ | حجم الغرفة الواحدة م٣ |
|---|---|---|---|---|---|
| ١٠ | ٠,٥ | ٠,٦ | ١٥٠ | ٠,٣٥ | ١,١ |
| ٢٠ | ٠.٦ | ٠,٧٥ | ٢٥٠ | ٠,٤٥ | ١,٣ |
| ٣٠ | ٠,٧ | ٠,٨٥ | ٣٠٠ | ٠,٦ | ١,٨ |
| ٤٠ | ٠,٨ | ١,٠٠ | ٣٥٠ | ٠,٨ | ٢,٤ |
| ٥٠ | ٠,٩ | ١,١ | ٣٥٠ | ١,٠٠ | ٣,٠٠ |
| ٦٠ | ١,٠٠ | ١,٢ | ٤٠٠ | ١,٢ | ٣,٦ |
| ٧٠ | ١,٠٥ | ١,٣٥ | ٤٥٠ | ١,٤ | ٤,٢ |
| ٨٠ | ١,١٥ | ١,٤ | ٤٥٠ | ١,٦ | ٤,٨ |
| ٩٠ | ١,٢ | ١,٥ | ٥٠٠ | ١,٨ | ٥,٤ |
| ١٠٠ | ١,٢٥ | ١,٦ | ٥٠٠ | ٢,٠٠ | ٦ |




شكل (٣١) مذغب ألاباما

شكل (٣٢) مذغب هيدروليكى

## القسم الثانى

# أحواض الترسيب

تعتبر عملية الترويق للمياه بترسيب الزغبات المتكونة بعد الترويب بالخلط البطئ من أهم العمليات فى تنقية مياه الشرب، فقد استخدمت أحواض الترسيب ذات التدفق المستمر مع الإزالة المستمرة للرواسب بالطرق الميكانيكية والتى سميت بالمروقات (Clarifiers) – الترويق الجيد للمياه المروية والذى يسبق الترشيح يمكن من الأداء الجيد للمرشحات وطول فترة عملها كما يقلل من مشاكل المرشحات مثل التشققات وتكوين الكرات الطينية. ويستخدم أحيانا الترسيب الأولى لتقليل (Plain Sedimentation) الأحمال من الرواسب قبل الخلط بكيماويات الترويب لإزالة نسبة كبيرة من المواد العالقة المسببة للون والمذاق والرائحة. أما الاستخدام الرئيسى لعملية الترسيب فى تنقية مياه الشرب فهو بعد عملية الترويب لإزالة الأجسام العالقة التى أصبحت أكثر قابلية للترسيب.أحواض الترسيب تتصف بالسهولة فى التشغيل والاستخدام القليل جدا للطاقة وهى أما أن تكون مستطيلة أو مستديرة أو ذات القاع القمعى أشكال (٣٣ – ٣٩).

## ١- أحواض الترسيب المستطيلة : شكل (٣٣)

وهذه الأحواض مستطيلة من المنظور الرأسى (Plan) وبها عدد كبير من الحوائط الحائلة (Baffle Walls). ومهمة الحوائط الحائلة هو تقليل سرعة المياه لزيادة زمن رحلة الجسم العالق. وهذه الأحواض مزودة بمداخل ومخارج ممتدة إلى

كل غرف الحوض. الأرضية بين الحوائط تكون مائلة فى اتجاه المنتصف على شكل قمع حيث توجد ماسورة سحب الروبة. ويجرى سحب الروبة تحت الضغط الهيدروستاتيكى وبتشغيل محبس سكنية.

## ٣- أحواض الترسيب المستديرة (الدائرية):

وهذه لا تستخدم فقط فى الترسيب بل تستخدم فى الترسيب مع الترويق. وتقسم إلى نوعين حسب تدفق المياه بداخلها.

### أ- أحواض الترسيب الدائرية ذات التدفق الأفقى : Radial Flow

يوضح الشكل (٣٤) مقطع فى حوض ترسيب مستدير حيث توضح ماسورة دخول المياه داخل صندوق عاكس. الصندوق العاكس يعكس المياه إلى أسفل ثم تخرج من الفتحات فى أجناب قاع الصندوق العاكس. تخرج المياه أفقيا من الصندوق العاكس فى اتجاه المحيط الخارجى للحوض. وهذا المحيط مجهز كله بمخرج للمياه. ترسب كل المواد العالقة على ميول القاع وتخرج المياه بعد التخلص من هذه المواد العالقة خلال المخرج. تزال الروبة (Sludge) بزحافة تدور باستمرار حول القاع، أقص سرعة لزراع الزحافة (Racking Arm) لا تزيد عن ٤,٥ متر فى الساعة

### ب- أحواض الترسيب الدائرية ذات التدفق المحيطى :- Circunferential Flow

يبين الشكل (٣٥، ٣٦) مسقط رأسى لحوض الترسب الذى يعمل بالتدفق المحيطى. تدخل المياه إلى الحوض خلال ٢-٣ فتحة رأسية. يوجد ذراع دوار فى الحوض والذى يعمل على تحريك المياه على طول محيط الحوض، بينما المياه تتحرك بسرعة بطيئة جدا بما يسمح للأجسام العالقة أن ترسب و أن تزال من مخرج الروبة.

### ج- أحواض الترسيب ذات القاع القمعى : (Hopper Bottom Tank)

وهى أحواض ذات تدفق رأسى شكل (٣٧). تدخل المياه من أعلا إلى صندوق عاكس (Deflector Box). وبعد التدفق إلى أسفل داخل الصندوق العاكس فإن

المياه تعكس اتجاهها وتتدفق إلى أعلا حول الصندوق العاكس. الأجسام العالقة ذات الكثافة اكبر من كثافة الماء لا تستطيع متابعة المياه أثناء انعكاس اتجاهها وترسب فى القاع، ثم تزال خلال مخرج الروبة تحت الضغط الهيدروستاتيكى. توجد قنوات تجميع المياه الرائقة عند قمة الحوض.

وعموما فإن التغذية فى الأحواض المستديرة شكل (٣٨، ٣٩) يكون عادة من المنتصف حيث يتم التدفق الخارجى فى اتجاه هدارات. وقاع الحوض يكون عادة قمعى بسيط (Slightly Conical) إلى بئر الروبة فى المنتصف. يتم تنظيف القاع وازالة الروبة باستخدام قصابية لتوجيه الروبة إلى البئر المركزى. التدفق المحيطى جيد من الناحية النظرية نظرا للنقص التدريجى لسرعة المياه. كما أن طول المحيط يسمح بطول هدار طافى وبالتالى قلة التحميل على الهدار. والهدارات يجب أن تكون مجهزة للضبط (Adjustable Weirs) تنشأ بدقة شديدة لمنع التدفق الغير متجانس حول الحوض. وقد تكون كفاءة الترسيب أقل من المتوقع نظر لعدم انتظام التدفق الأفقى ويوجد استثناء واحد حيث حوض التدفق من المركز إلى المحيط. تستخدم المروقات الدائرية للتزغيب والترويب والترسيب فى أن واحد.

معظم أحواض الترسيب المستخدمة فى تنقية المياه لأغراض الشرب هى ذات التدفق الأفقى ويوجد استثناء واحد حيث حوض التدفق العلوى مع التصاق الأجسام الصلبة (Up flow SolidContact Basin) الذى يجمع الخلط بالكيماويات والتزغيب والترويب والترسيب بالتدفق العلوى فى وحدة واحدة ويستخدم أساسا فى إزالة عسر المياه بطريقة الصودا ــ الجير (Soda lime process) ــ وأحواض التدفق الأفقى قد تكون مستطيلة أو مربعة أو دائرية (فى المسقط الرأسى). والمستخدم عادة هو الأحواض المستطيلة والدائرية ذات التغذية من مركز الدائرة. ويتوقف استخدام أى منها على عدة اعتبارات منها الناحية الاقتصادية. وبالنسبة للمحطات الصغيرة فإن الأحواض المستطيلة ذات التدفق الأفقى اكثر ملاءمة فى الإنشاء شكل (٣٣) وقد ثبت أن الأحواض المستطيلة تعطى كفاءه الترسيب عالية خاصة فى المحطات الكبيرة. معظم أحواض الترسيب تنظف باستمرار بآليات ميكانيكية تختلف طبقا لنوع الحوض المستخدم.

## ٣- كفاءة الترسيب فى أحواض الترسيب المستطيلة :

يمكن أن يقسم حوض الترسيب إلى أربعة أقسام وهى منطقة الدخول ومنطقة الترسيب ومنطقة الخروج ومنطقة تجميع الرواسب (الروبة) الشكل رقم (٤٠).

* منطقة الدخول: تقوم بتوزيع المياه بالتساوى على مساحة المقطع للحوض وتوفر الانتقال الهادئ للمياه فى شكل تدفقات منتظمة فى منطقة الترسيب.

* منطقة الترسيب: وهذه توفر الحجم والمساحة السطحية لحدوث الترسيب.

* منطقة الخروج: توفر خروج المياه الرائعة بانتظام خلال كل العمق والعرض للحوض وتوفر الانتقال الهادى من منطقة الترسيب الى التدفق الخارجى من حوض الترسيب شكل (٤٠) يوضح المناطق الفرضيه الأربع لحوض الترسيب.

* منطقة تجميع الرواسب (الروبة) فى قاع الحوض.

الممر الذى يتبعه الجسم العالق فى حوض الترسيب يتوقف على سرعتين هما سرعة الإزاحة الأفقية للمياه وسرعة الترسيب للجسم العالق شكل (٤١) وفى الظروف المثالية فإن السرعة الأفقية للمياه وكل الأجسام العالقة بها تكون ثابتة. وتوزيع سرعات الترسيب يمكن تحديده بالتجربة التى سيتم الإشارة إليها.

كفاءة حوض الترسيب فى ترسيب المواد العالقة تحدد طبقا للقاعدة شكل (٤٢)

سرعة الترسيب فى الاتجاه الرأسى $\frac{Q}{BL} = So$

سرعة الترسيب فى الاتجاه الأفقى $\frac{Q}{BH} = Vo$

$$\frac{H}{L} = \frac{BH \times Q}{Q \times BL} = \frac{So}{Vo} \qquad \frac{H \times Vo}{L} = So$$

$$\frac{H}{T}=\frac{Q}{LB}=\frac{H\times Q}{L\times BH}=So \qquad \frac{LBH}{Q}=T$$

وباستخدام قاعدة سرعة الترسيب فى الاتجاه الرأسى (So) لجسم فى زمن (T) لتصل إلى قاع الحوض (H) يمكن استخدام المعادلات الآتية :

$$\frac{Q}{LB}=So, \quad \frac{BLH}{Q}=T, \quad \frac{H}{T}So$$

حيث So = سرعة الترسيب متر فى الساعة.

T = زمن المكث فى الحوض بالساعة.

Q = التدفق م٣ فى الساعة.

H = عمق الحوض بالمتر.

B = عرض الحوض بالمتر.

L = طول الحوض بالمتر.

$So=\frac{Q}{LB}$ م٣ / م٢ فى الساعة = متر فى الساعة

وهذا يعنى أن كفاءة الترسيب تتوقف على النسبة بين معدل التدفق للمياه الداخلة والمساحة السطحية لحوض الترسيب. وهذا هو التحميل السطحى وهو مستقل عن عمق الحوض. لذلك فإن كفاءة الترسيب يمكن زيادتها بإنشاء حوض إضافى شكل (٤٣). عندئذ المساحة السطحية ستزداد كثيراً والتحميل السطحى سوف يقل.

حالة دخول المياه إلى منطقة الترسيب هى $\frac{L}{V_0}>\frac{H}{V_0}$

ولذلك فإن المياه يجب أن تظل فى منطقة الترسيب حتى وصول جميع المواد العالقة إلى منطقة تجمع الرواسب. وهذا هو زمن المكث للمياه فى الحوض

(Detention Time) والذى يعادل سعت (حجم) الحوض على معدل التدفق. زمن المكث فى الحوض يجب أن يزيد عن التصميمى النظرى وهو يتراوح ما بين ٢-٤ ساعة فى حالة التنظيف الميكانيكى، ٦-٨ ساعة فى حالة الترسيب العادى.

## ٤- إختبار الترسيب :

لتحديد بيانات منطقة الترسيب أو الترويق للأجسام العالقة الحرة (Discrete) أو الزغبات المروبة تستخدم عدة طرق لقياس معدل رسوب الجسم العالق ومن بين هذه الطرق استخدام الإسطوانة الطويلة أو القصيرة. فإذا كانت الأجسام العالقة من الزغبات المروبة وأنها تلتصق ببعضها بسهولة عند الترسيب فإن الإسطوانة الطويلة تعطى نتائج خاطئة حيث تظهر المياه أكثر نقاءاً فى العينات المأخوذة من الصنابير السفلى (أى أن النقاء يتحسن عند سرعة الترسيب العالية). وفى هذه الحالة فإن الوقت فقط هو المتغير الوحيد فى النقاء. ولذلك يوصى بعمل الإختبار البسيط لزمن المكث.

فى طريقة الإختبار تستخدم اسطوانة من البلاستيك الشفاف بقطر حوالى ٢٠سم وإرتفاع ٢ متر وتزود بصنابير لسحب العينات المختبرة كل ٢٠ - ٣٠ سم. تملأ الإسطوانة وهى فى الوضع الرأسى بعينة ممثلة للمياه العالق بها أجسام صلبة أو المروبة المطلوب إختيارها. وعلى فترات زمنية تسحب عينة حوالى ١٠٠سم$^{٣}$ من الصنابير بالتتالى مع البدء بأعلى صنبور. والفترة الزمنية المناسبة هى ٣٠ ق وتكون نتائج العينات الأخيرة بعد زمن مكث ٢ ساعة. ويتم إختبارها بما يمكن حوالى أربع عينات تحقق الهدف من إزالة المواد العالقة. وهذه التجربة سوف تظهر أثر عامل الوقت فى الترويق. يتم تحليل العينات بالنسبة لتركيز المواد الصلبة العالقة بأى طريقة مناسبة مثل الترشيح فى بوتقة الترشيح (Gouache Crucible) أو بالطرد المركزى فى أنبوبة مدرجة.

## ٥- التحميل السطحى وأبعاد حوض الترسيب :

عند الترسيب الأولى للمياه العكرة قبل الترويب فإن التحميل السطحى عموماً يكون من ٠,١ إلى ١ متر فى الساعة. ولكن بالنسبة لأحواض الترسيب للمياه المعالجة بالمروبات يزاد التحميل السطحى ليكون من ١-٣ متر فى الساعة. وفى كلا الحالتين كلما قل التحميل السطحى كلما تحسنت التنقية للمياه وقلت العكارة كثيراً. وعند الأخذ فى الإعتبار أهمية تجنب قصر الرحلة (Short Circuit) وكذلك إحتمالات سحب الرواسب بواسطة تدفقات المياه (Scouring) عند قاع الحوض. ولتقليل هذه السلبيات إلى أدنى حد ممكن فإن حوض الترسيب لا يكون ضحلاً وأن عمقه لا يقل عن ٢ متر وأن النسبة ما بين الطول إلى العرض تكون من ٣ إلى ٨. والسرعة الأفقية للمياه تكون من ٤ إلى ٣٦ متر فى الساعة (بمتوسط ١٠ متر فى الساعة) وأحواض الترسيب ذات عمق ٢ متر أو أكثر يمكن أن تجهز بالمعدات الميكانيكية اللازمة لإزالة الروبة أما فى حالة الإنشاءات الصغيرة فإنه يفضل الإزالة اليدوية للرواسب والتى تحدث على فترات من أسبوع إلى عدة أسابيع. وقاع الحوض يجب أن يستوعب الروبة المتجمعة خلال الفترة الزمنية بين توقيتات التنظيف.

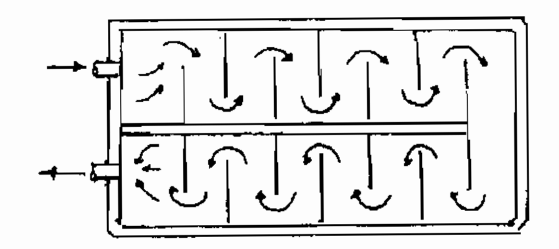
## ٦- المداخل والمخارج لحوض الترسيب : شكل (٤٤-٤٥)

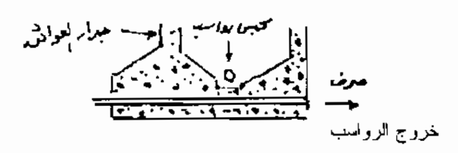
فى حوض الترسيب يجب توفير تنظيم منفصل لدخول المياه لضمان التوزيع المتساوى للمياه على كل العمق والطول لحوض الترسيب. ويمكن تحقيق ذلك باستخدام تصميمات متعددة منها ما هو موضح بالشكل (٤٢) وفى حالة القناة على كل عرض الحوض والتى بها عدد كبير من الفتحات الصغيرة فى القاع لتدخل منها المياه إلى منطقة الترسيب. ولتنظيم توزيع المياه الداخلة تكون الفواصل بين الفتحات الصغيرة قريبة من بعضها بمسافة لا تقل عن ٠,٥ متر والقطر من ٣ - ٥ سم حتى لا يحدث انسداد. وتكون قناة المدخل ذات مساحة مقطع ضعف مساحة الفتحات. وعادة فإن المياه تخرج من الحوض خلال هدارات. أما منطقة الدخول إلى الحوض فتكون حوائط حائلة (Baffles). الحائط الحائل هو الذى تمر المياه من أسفله وتكون فتحة دخول المياه إما مستمرة ما أمكن أسفل الحائط أو على شكل

عقود بقاع الحوض. أما الهدار فهو حائط أقل قليلاً فى الإرتفاع من منسوب الميـــاه التى تمر فيه. يصمم الهدار لتحقيق معدل تصرف ثابت ويمكن زيادة طول الـــهدار بالجوانب أو تركيب مجرى معلق. وعند سحب الميـــاه الرائقـــه فـــوق الـــهدارات المنخفضة يراعى الوضع المناسب.

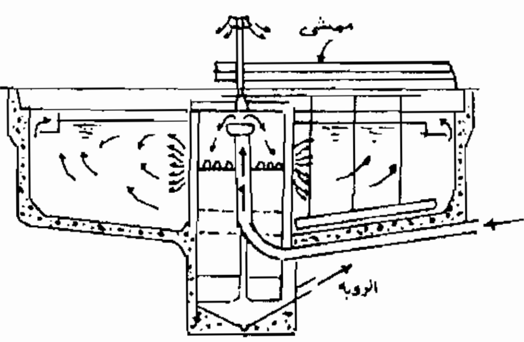
لقمة الهدار لتجنب حيودها عن الأفقى لضمان السحب المنتظم للمياه. تصنــــع قمة الهدار من شرائط معدنية (صلب مقاوم أو ألومنيوم) مثبته بمسامير على الحائط الخرسانى للهدار. وقمة هذه الشرائط ليست مستقيمة بل بـــــها فتحـــات بفواصـــل. والبديل الآخر هو الفتحات فى حوضى الترسيب ذات مساحة أصغر مـــن فتحـــات دخول المياه نظراً لقلة المواد العالقة ولضمان عدم انسدادها. توضع الهدارات علـــى مسافات متساوية من منتصف الحوض. وتصمم قنوات تلقى المياه الرائق لتغطيـــة من ١/٣ إلى ١/٢ الحوض وتوضع لاستقبال المياه من نهاية سطح التدفقات عنـــد نهاية الحوض. وفى حالة سحب الروبة بالسلاسل (Chain Drag) توضع الـــهدارات بطول عرض الحوض. أما فى حالة استخدام القصابيات التـــى تعمـــل بالشـــفط أو بالأذرع فإن أحواض الهدارات توضع طولى كالهدارات الإصبعية المحملـــة علـــى بغال تحميل.

وقاع حوض الترسيب يختلف فى الشكل إذ يكون بـــانحدار بيـــن ١/١٠ الـــى ١/٢٠ فى جميع الطول عندئذ يفضل ان يكون مخرج الرواسب عند الجهـــة التـــى تدخل منها المياه وليس عند جهة مخرج المياه لتجنب تحريك الرواسب فى منتصف الحوض إذا كان انحدار القاع فى الجهتين بما يوفر فى حجم الحوض. كما يجـــهز الحوض بماسورة فائض للمحافظة على منسوب المياه فى الحوض. وفى حالة تنفيـذ المداخل والمخارج ومنطقة تجميع الرواسب بطريقة صحيحة فان كفـــاءة حـــوض الترسيب ترتفع نظرا لعدم الاضطراب فى منطقة الترسيب وان كان فى كثير مـــن أحواض الترسيب تحدث إزاحة بالتدفقات خلال منطقة الترسيب نتيجة لقصر رحلـــة هذه التدفقات. كما قد يحدث اضطراب او نحر بما يترتب عليه حمل الرواسب الـــى الحائط البعيد ثم الى مخرج المياه. ولتجنب ذلك فـــان المياه المروبة تـــدخل حـــوض

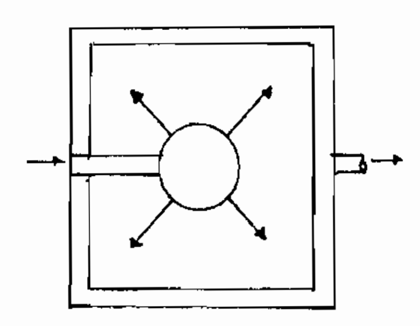




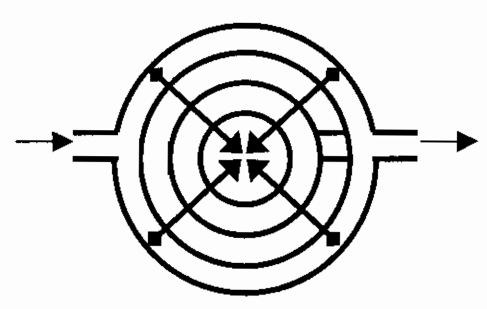

شكل (٣٣) حوض ترسيب مستطيل مجهز بعوائق



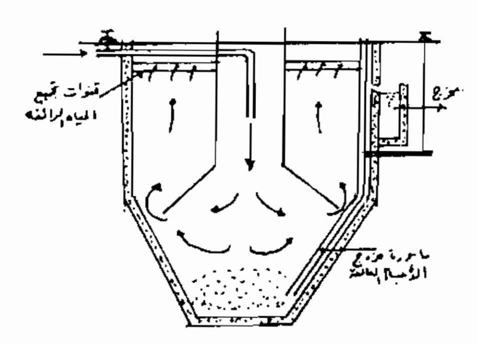

شكل (٣٤) حوض ترسيب دائرى بالتدفق الأفقى



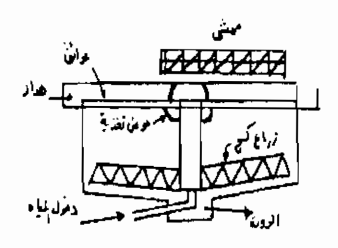
شكل (٣٥) حوض ترسيب مربع تدفق محيطى



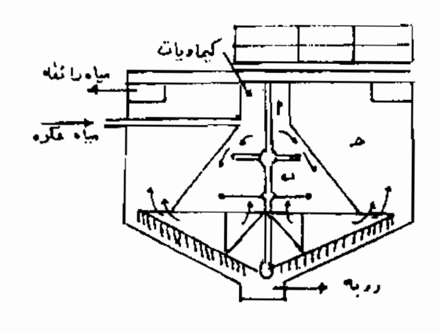
شكل (٣٦) حوض ترسيب دائرى تغذية محيطيه وتدفق محيطى




شكل (٣٧) حوض ترسيب بالقاع القمعى

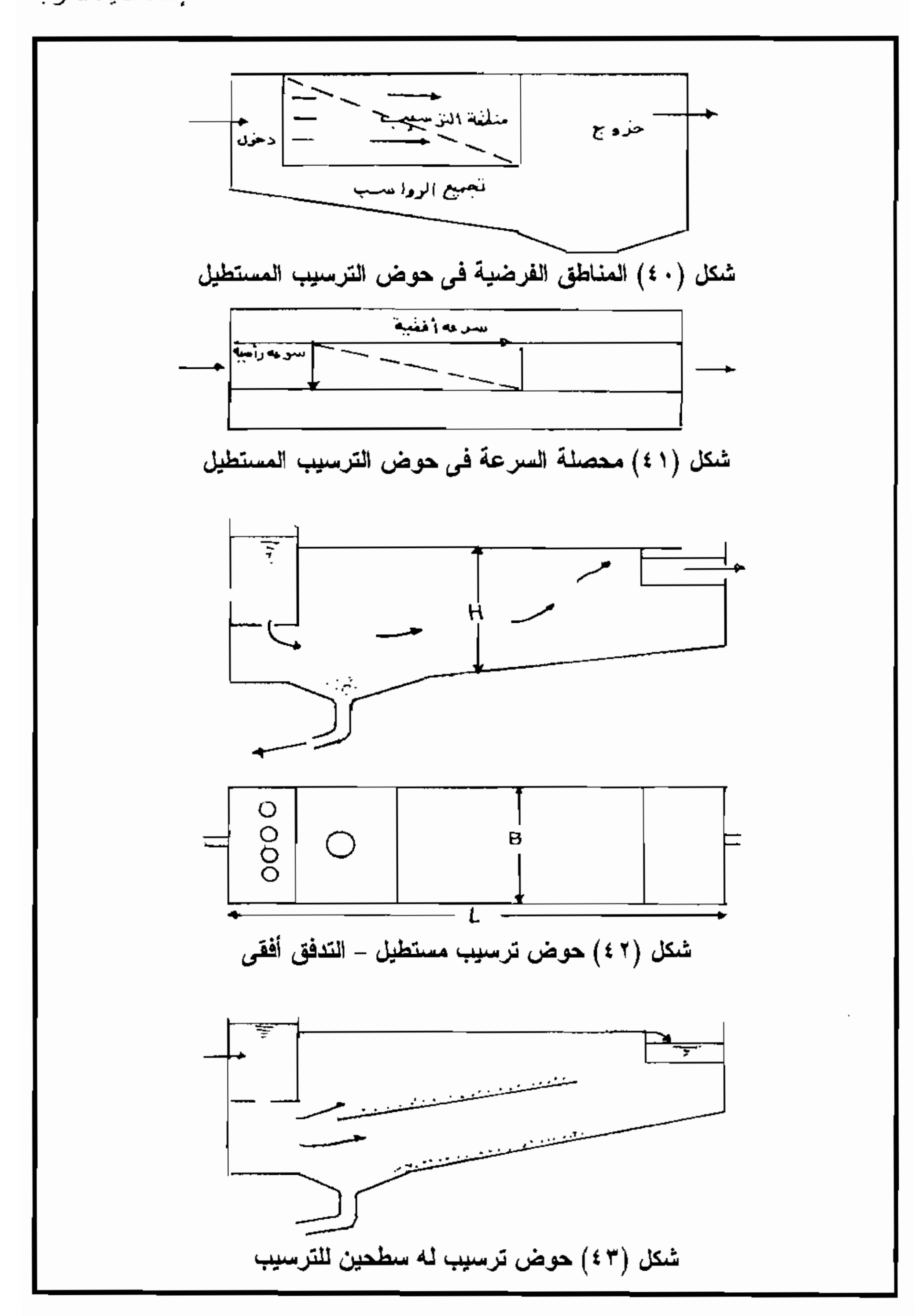



شكل (٣٨) حوض ترويق دائرى




أ- الخلط السريع
ب- الخلط البطئ
جـ - تدفق علوى وتكون طبقة زغبات

شكل (٣٩) حوض دائرى للترغيب والترسيب

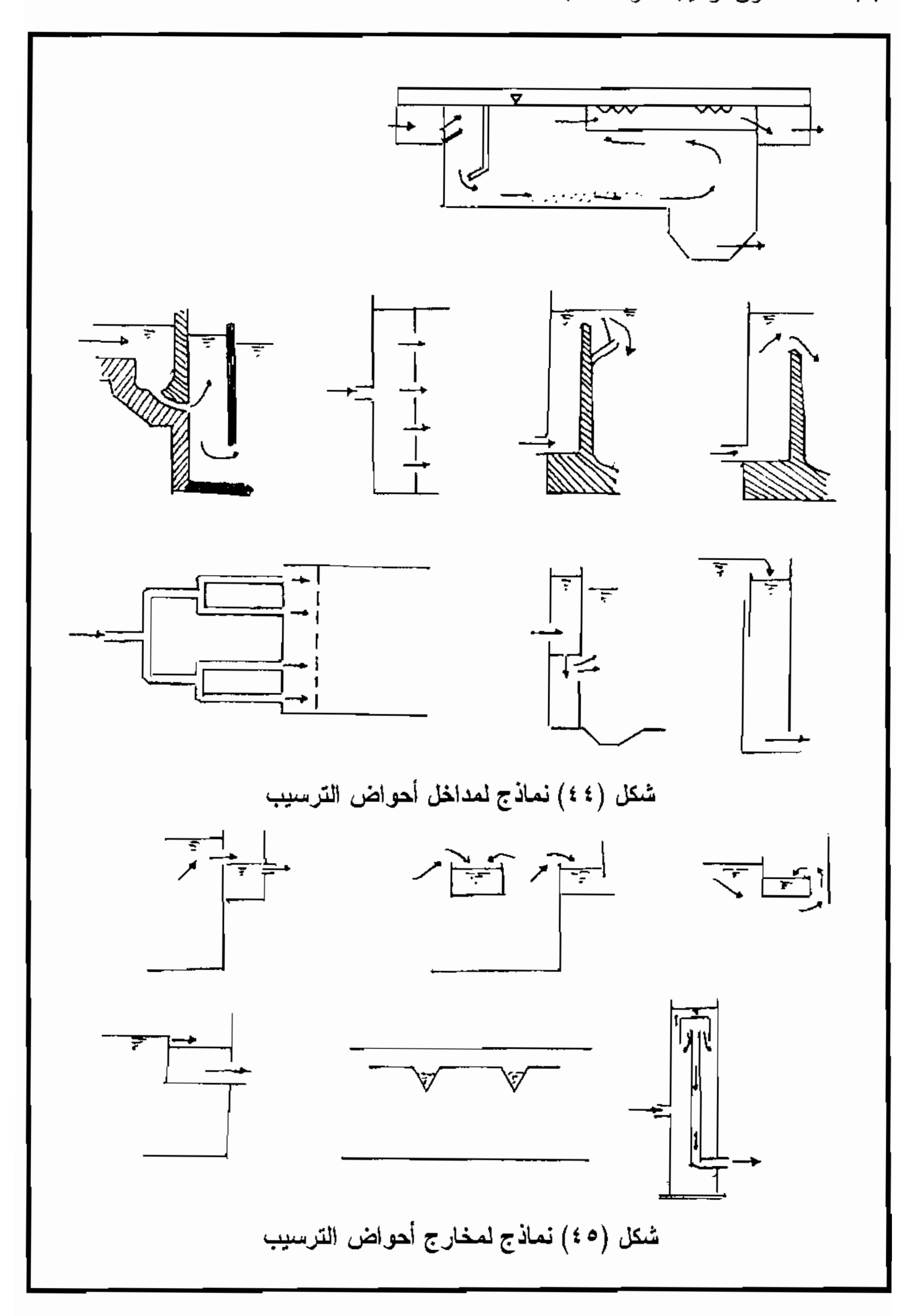



شكل (٤٠) المناطق الفرضية فى حوض الترسيب المستطيل

شكل (٤١) محصلة السرعة فى حوض الترسيب المستطيل

شكل (٤٢) حوض ترسيب مستطيل - التدفق أفقى

شكل (٤٣) حوض ترسيب له سطحين للترسيب



شكل (٤٤) نماذج لمداخل أحواض الترسيب

شكل (٤٥) نماذج لمخارج أحواض الترسيب

الترسيب من مدخل منفصل حيث تقسم المياه بالتساوى على طول عرض وعمق الحوض وبالمثل فى نهاية الحوض يصمم المخرج لتجميع المياه الرائقة بانتظام وتزال بانتظام الرواسب المتجمعة فى قاع الحوض شكل (٣٣ - ٣٩) يوضح أشكال التدفق فى بعض أحواض الترسيب.

## ٧- اثر خواص المياه على تصميم أحواض الترسيب :

خواص كثيرة للمياه والمواد العالقة تؤثر على كفاءة الترسيب بما فى ذلك درجة الحرارة وكثافة المواد العالقة وحجم وشكل هذه الأجسام وقد ثبت ان درجة حرارة الماء ذات تأثير كبير على عملية الترسيب اكثر من الكثافة النوعية. ذلك لان سرعة الترسيب تزداد بانخفاض اللزوجة حيث تنخفض لزوجة الماء مع ارتفاع درجة الحرارة. لذلك يلزم أن يتم التصميم مع الأخذ فى الاعتبار أدنى درجة حرارة للمياه الباردة عن الدافئة كما يلاحظ على الجانب الأخر انه كلما ارتفعت درجة حرارة المياه الداخلة فإنها تطفو على السطح بما يقلل من زمن الرحلة وعدم كفاءة الترسيب. وسرعة الترسيب للجسم العالق تزداد مع زيادة الكثافة النوعية للأجسام العالقة فى المجارى السطحية ذات كثافات مختلفة مثل الرمل ٢,٦٥ و ١,٠٣ للزغبات المتكونة من المواد العضوية والطفلة المحتوية على ٩٥% ماء، من ١,٠٢ الى ١,١ للزغبات المتكونة من استخدام المروبات بالشبة. أو أملاح الحديد. وهذه القيمة قد تزداد كثيرا فى وجود الطفلة المحتوية على الرمال والكثافة النوعية لكربونات الكالسيوم أثناء عملية إزالة العسر تصل الى ١,٢. العكارة على أسطح المياه المحتوية على الطحالب هى نتيجة سقوط أشعة الشمس ونشاط الزغبات الطحلبية نتيجة تفاعلات غازية تسبب ارتفاع زغبات الطحالب على السطح بما يحدث عكارة نهارا ونقاء الماء ليلا وفى مثل هذه الحالات يتم تغطية سطح أحواض الترسيب.

## ٨- اعتبارات تصميمه : لأحواض الترسيب :

معدل التحميل السطحى للترسيب الاولى ما بين ١٠-٢٤ م$^{٣}$ /م$^{٢}$ فى اليوم وللمياه المعالجة بالمروبات يكون ما بين ٢٠ - ٤٠ م$^{٣}$ / م$^{٢}$ فى اليوم

* مدة المكث للمياه فى الحوض من ٢-٤ ساعة وتؤكد بالتجارب المعملية أو النصف صناعية أو الحالات المماثلة الناجحة.
* السرعة الأفقية للمياه ١٥ سم / ق (١٠ متر فى الساعة).
* الأحواض المستطيلة لا يزيد طولها عن ٣٠ متر وتكون نسبة الطول إلى العرض من ٣ – ٨.
* الأحواض المستديرة يفضل ألا يزيد القطر عن ٤٠ متر.
* معدل خروج المياه على هدار المخرج لا يزيد عن ٤٥٠ م٣ / م٢ فى اليوم.
* عند استخدام هدارات على شكل حرف V يكون عمقها ٥سم والفواصل بينهما ٨ – ١٥ سم.
* كما يؤثر فى تحديد أسس التصميم نوعية المرشحات وكفاءتها التى تلى أحواض الترسيب.
* يراعى ألا يقل عدد أحواض الترسيب عن حوضين للمحافظة على استمرار الإنتاج فى حالات التوقف للصيانة والإصلاح.

## ٩- أمثلة استرشادية لتصميم أحواض الترسيب :

### أ- المثال الأول :

مدينة تعدادها المستقبلى ١٠٠,٠٠٠ نسمة، متوسط استهلاك الفرد فى اليوم ١٠٠ لتر وأقصى استهلاك للفرد فى اليوم ١٢٠ لتر. بفرض التحميل السطحى ٣٠م$^3$/ م$^2$/ اليوم طبقا لحالات مماثلة.

**∴ التصرف اليومى للمحطة = ١٠٠,٠٠٠ × ١٢٠/١٠٠٠=١٢٠٠٠م$^3$/ اليوم =٥٠٠م$^3$ /الساعة.**

**المساحة السطحية لأحواض الترسيب = ١٢٠٠٠ / ٣٠ = ٤٠٠ متر م٢.**

**بفرض طول الحوض ٢٠ متر وعرضه ٥ متر**

**∴ عدد الأحواض = ٤**

**بفرض مدة البقاء فى الحوض ٣ ساعات يكون حجم الاحواض = ٤٠٠ × ٣ = ١٢٠٠م٣**

**عمق الحوض = الحجم (١٢٠٠) / المساحة (٤٠٠) = ٣ متر وفى هذه الحالة يلزم إنشاء خمسة أحواض لتوفير حوض زيادة لمواجهة مشاكل الصيانة والإصلاح.**

**ولحساب طاقة الحوض فى احتواء الرواسب.**

**على أساس معدل التدفق ٥٠٠ م٣ / الساعة لكل حوض ١٢٥ م٣ / الساعة.**

**السرعة الأفقية للمياه فى الحوض = ١٢٥/ ٥×٣ = ٨,٣ متر /الساعة =٨,٣×١٠٠/٦٠=١٣,٩ سم / ق أى ان سرعة المياه فى حدود التصميم.**

**وبفرض ان المياه تحتوى على مواد عالقة ١٠٠ مليجرام / لتر وان نسبة الإزالة بالترسيب ٩٠% عندئذ فان كمية المواد المحتجزة فى حوض الترسيب هى ٩٠ مليجرام لكل متر مكعب من المياه.**

**مع تحميل سطحى ٣٠م٣/م٢ فى اليوم = ١,٢٥م٢ فى الساعة وهذا يعنى تراكم ١,٢٥ ×٩٠ =١١٢,٥ جرام /م٢ /الساعة.**

اى ان الروبة المحتوية على مواد جافة ٣% تعادل ١١٢,٥ / ٠,٠٣= ٣٣٧٥سم٣ / م٢ / ساعة تقريبا أى سمك ٠,٣٤ سم فى الساعة وعند نهاية الميول فى قاع الحوض فان الرواسب تتراكم بسرعة تصل إلى حوالى ٠,٥سم فى الساعة.

والتراكمات بسمك ٠,٥ متر تتطلب ٠,٥ × ٢٤ ساعة × ٤ يوم = ٠,٤٨ متر أو ٠,٥ ×١٠٠ساعة = ٠,٥ متر أى أنه يلزم أربع أيام أو ١٠٠ ساعة بين فترات النظافة اليدوية فى حالة استخدامها.

**ب- المثال الثانى:**

تجمع سكنى احتياجاته من مياه الشرب ٩×١٠٦ لتر فى اليوم. حجم حوض الترسيب المناسب مزود بإزالة ميكانيكية للروبة . يفترض أن سرعة التدفق فى حوض الترسيب هى ٢٢ سم / الدقيقة وأن زمن المكث ٨ ساعة.

**الحل :**

**كمية المياه اللازمة فى ٨ ساعات = ٩×١٠٦× ٢٤/٨ = ٣٠٠٠ متر مكعب أى أن طاقة حوض الترسيب هى ٣٠٠٠ متر مكعب.**

**∴ طول الحوض بالمتر = سرعة المياة بالساعة × زمن المكث بالساعة.**

**سرعة المياه فى الحوض ٢٢ سم / ق = ٠,٢٢ متر فى الدقيقة.**

**طول الحوض = سرعة التدفق × زمن المكث =٠.٢٢×(٨×٦٠)=١٠٥,٦ = ١٠٦متر.**

**مساحة مقطع الحوض = سعت الحوض/طول الحوض=٣٠٠٠/١٠٦=٢٨,٣ متر مربع.**

**بفرض عمق الحوض ٣,٥ متر فإن عرض الحوض = ٢٨,٣ / ٣,٥ = ٨,١ متر.**

**وبفرض عمق إضافى ٠,٥ متر.**

**∴ العمق الكلى للحوض ٤ متر.**

**∴ أبعاد الحوض هى ١٠٦ × ٨,١ × ٤ متر.**

يمكن تقسيم الطول إلى جزئين أو ثلاثة طبقاً لشكل المساحة المتاحة من الأرض.

## جـ- المثال الثالث :

صمم حوض ترسيب دائرى مجهز ميكانيكياً لإزالة الروبة وبطاقة إنتاجية ٤,٢×١٠^٦ مليون لتر فى اليوم. زمن المكث فى الحوض ٤,٥ ساعة وبفرض عمق الحوض ٣,٣ متر.

**الحـل :**

**كمية المياه فى حوض الترسيب عند زمن مكث ٤,٥ ساعة = ٤,٢×١٠^٦×٤,٥ /٢٤ = ٧٩٠ متر مكعب**

**∴ سعت حوض الترسيب (٧٩٠م٣) = مسطح الحوض × عمق الحوض (٣,٣متر).**

**∴ مسطح الحوض = ٧٩٠ / ٣.٣ = ٢٣٩م٢ = ط نق٢ = ٣,١٤ × نق٢.**

**∴ نق =** $\sqrt{\frac{239}{3.14}}$ **= ٨,٤٣ متر.**

**∴ قطر الحوض حوالى ١٧متر.**

**وبفرض٠,٢ متر إضافى.**

**∴ إذاً حجم حوض الترسيب هو: القطر ١٧متر والعمق ٣,٥ متر .**

**د- المثال الرابع :**

إذا كان حجم الحوض المستطيل لتنقية المياه بمعدل ٢,٥ × ١٠^٦ لتر في اليوم هو ١٧,٥ × ٥,٥ × ٣,٥.

وبفرض الأجسام العالقة ٨٠ جزء في المليون بكثافة نوعية (٢). حدد الآتي:

- . معدل تدفق المياه خلال حوض الترسيب.
- . ترسيب الروبة في الحوض.
- . معدل سحب المياه .

**الحــل :**

**معدل التدفق :**

**بفرض ٠,٥ متر هو العمق الإضافي**

**∴ أبعاد الحوض هي ١٧,٥×٥.٥×٣ = ٢٨٨,٧٥ متر مكعب .**

**كمية المياه التي تتدفــق خــلال الحــوض = ٢,٥×١٠^٦ / ٢٤×١٠^٣=١٠٤,١م^٣ فــي الساعة.**

**. معدل تدفق المياه خلال الحوض = التصرف / مساحة المقطــــع = ١٠٤,١/٥.٥×٣ = ٦,٣ متر في الساعة = ٦,٣ × ١٠٠/٦٠= ١٠,٥ سم / ق.**

**. زمن المكث = سعت الحوض / التصرف = ٢٨٨,٧٥/١٠٤,١ = ٢,٧٧٤ ساعة.**

**. لتعيين كمية المواد الصلبة العالقة.**

**المواد الصلبة العالقة = ٢,٥×١٠^٦×٨٠/١٠^٦=٢٠٠ لتر بالتقريب ٢٠٠ كيلو جرام فــي اليوم تقريباً**

**وزن المواد الصلبة بنسبة إزالة ٧٥%= ٢٠٠×٠,٧٥×٢(الكثافة) =٠,٣ طن في اليوم.**

**التحميل السطحي = ١٠٤,١×١٠^٣(لتر في الساعة) / ١٧,٥×٥.٥=١٠٨١,٥٦لتر فــي الساعة / المتر المربع.**

**هـ- المثال الخامس :**

مدينة احتياجاتها اليومية ٤٠×١٠^٦ لتر. زمن المكث في حوض الترسيب ١ ساعة. سرعة التدفق ٢٠ سم/ث. حجم حوض ترسيب بحوائط إعاقة. يفترض أي بيانات غير معطاة.

**الحـــل :**

**كمية المياه التي تعالج في ١ ساعة (زمن المكث) = ٤٠×١٠^٦ / ١٠^٣×٢٤= ١٦٦٦,٧ م٣ في اليوم .**

**∴ سرعة التدفق ٢٠ سم/ث .**

**∴ طول الحوض = السرعة × زمن المكث = ٠,٢×٦٠×٦٠=٧٢٠ متر .**

**مساحة مقطع الحوض = طاقة الحوض / طول الحوض = ١٦٦٦,٧/٧٢٠=٢,٣١٥ متر مربع ~ ٢,٣٥م^٢ . بغرض المسافة بين حوائط الإعاقة ٥٠ سم**

**∴ عمق المياه في الحوض = مساحة مقطع الحوض / المسافة بين حوائط الاعاقة = ٢,٣٥/٠,٥ =٤,٧متر**

**∴ أتساع الفتحة ما بين حوائط الإعاقة والجدار الخارجي للحوض تقدر بمرة ونصف المسافة بين حوائط الإعاقة = ١,٥ × ٠,٥ = ٠,٧٥ متر .**

**وبعرض حوض الترسيب ذو حارتين عرض كل منهما ١٥ متر صافي شكل (٣٣).**

**∴ الطول المؤثر لكل حارة = صافي العرض للحارة ٢× اتساع الفتحة بين حوائط الإعاقة والجدار الخارجي للحوض = ١٥-٢×٠,٧٥ = ١٣,٥ متر .**

**∴ عدد القنوات اللازمة = طول التدفق الكلي /الطول المؤثر لكل قناة =٧٢٠/١٣,٥= حوالي ٥٤ قناة**

**∴ عدد القنوات في كل حارة = ٥٤/٢=٢٧ سم**

**وبفرض سمك حائط الإعاقة ١٠سم .**

**∴ طول حوض الترسيب ذو الحارتين = ٢٧×٠,٥+(٢٧-١)×٠,١ =٢٣ متر.**

**= ٢٧×٠,٥+(٢٧-١)×٠,١ +٢×٣ متر**

**طول مدخل ومخرج المياه (٣ متر لكل) = ٢٣ متر.**

# القسم الثالث

# الترسيب بالأسطح المائلة
# والترويق بالأجسام الصلبة العالقة

## ١- أحواض الترسيب ذات الأسطح المائلة أو الأنابيب المائلة أشكال (Tilted Plate And Tube Settler) (٤٦-٥٣)

إذا كانت كفاءة الترسيب ستزداد فى حالة توفير قاع (سطح) إضافى لحوض الترسيب (بند ٣ قسم ٢)، فإنه يمكن زيادة هذه الكفاءة باستخدام عدة ألواح بفاصل صغير بينها كما هو موضح الشكل (٤٦- ٤٧) ولكن يصعب الإزالة اليدوية للرواسب وأن كان يمكن إزالتها باستخدام نافورة من المياه إلا أنه يفضل استخدام الأسطح ذات التنظيف الذاتى حيث يكون الميل لهذه الأسطح بزاوية ٥٠-٦٠° على المستوى الأفقى. الشكل (٤٦، ٤٧، ٤٨) يوضح مقطع طولى لحوض بالأسطح المائلة المتعددة. وفى حالة الترسيب لترويق المياه فإن أحواض الترسيب ذات الأسطح المائلة تتصف بالطاقة العالية مع الحجم الصغير يمكن حساب التحميل السطحى كالآتى:

$$S = Q/NA$$

حيث S= التحميل السطحى م$^3$/م$^2$/الساعة

Q = معدل التدفق م$^3$/ الساعة

A = مساحة قاع الحوض م$^2$

N = معامل يتوقف على نوع ووضع الأسطح المائلة

وعند دخول المياه من قاع حوض الترسيب فإنها تتدفق لأعلى خلال الأسطح المائلة ثم تتجميع المياه الرائقة فى أحواض التجميع شكل (٤٩). ومع مرور المياه خلال الأسطح المائلة ترسب المواد العالقة على الأسطح السفلى. ويمكن لجسم عالق أن يدخل القنوات بين الأسطح عدة مرات قبل أن يكبر حجمه ويزداد وزنه ليرسب فى القاع .شكل (٤٩). بفرض أن الارتفاع الراسى للألواح h = ١,٥ متر والفاصل بين الألواح (W) = ٠,٥ متر وزاية الميل للألواح بالنسبة للمستوى الأفقى °٥٥ درجه. وأن المعامل (N) فى حالة استخدام الألواح الأسبستوس =١٦. فى هذه الحالة فإن الرواسب لوحدة المساحة للقاع ستزاد الى ١٦ ضعف والتى يمكن أن تزال بالأحواض ذات القاع القعمى مع ميل أجنابها °٥٥ درجة على المستوى الأفقى.

وبدلا من الأسطح المائلة قد تستخدم الأنابيب المتلاصقة المصنوعة من مادة بى فى سى. القطر الداخلى لهذه الأنابيب ما بين ٣-٥ سم والميل على المستوى الأفقى ٦٠ درجة. وفى حالة الأنابيب بقطر ٥ سم وسرعة سقوط المواد العالقة ٢,٥سم / الدقيقة فإن الجسم العالق يستغرق دقيقتين فقط للرسوب الى القاع بينما يستغرق ١٢٠ دقيقة للوصول الى قاع حوض ترسيب بعمق ٣ متر.

وقد صنعت نماذج (Modules) وحدات ترسيب جاهزة للتشغيل بعرض ٧٦سم وطول ٣متر وعمق ٥٤ سم وزاوية الميل على المستوى الأفقى ٦٠ درجة. ولأن الأنابيب بزاوية ٦٠ درجة فإن الطول المؤثر للمواسير ٦١ سم. يمكن صنع هذه الوحدات من الأسطح المستوية من مادة البلاستك (ABS) مع تشكيل الممرات من شرائط من مادة بى فى سى. وهذا الممرات تحمل بشكل متقاطع لتقوية الوحدة (النموذج) حيث يمكن تحميلة فقط عند النهايات. ولكونه من مادة البلاستك فإنه يمكن تشذيبه ليناسب الفراغ المتاح فى حوض الترسيب. نظرا لأن سطح الترسيب المؤثر كبير جدا فإن التحميل السطحى يكون منخفض جدا. ولتوضيح ذلك فعند معدل تدفق ٢٠م$^{٣}$ فى الساعة وعند استخدام ٢٠ صف من الأنابيب فإن التحميل السطحى سوف يقل إلى ١م$^{٣}$ /م$^{٢}$/الساعة وزمن المكث للمياه فى كل أنبوبة سوف يكون دقائق قليلة. عندما يتوفر العمق المناسب فى حوض الترسيب يمكن زيادة

الكفاءة والطاقة لأداء الحوض باستخدام الألواح المائلة أو لأنابيب المائلة بحيــث لا يقل عمق الحوض عن ٢متر. وفى هذه الحالة يلزم مراعـــاة أن كميــات الروبــة المرسبة ستزداد مما يتطلب توفير إمكانيات إضافية لإزالتــــها، وكذلــك مراجعــة الأقطار للمواسير والهدارات للدخول والخروج للمياه لمواجهة الزيادة فى التحميـــل السطحى. وفى حالة الأنابيب المائلة فإنها تقام على مساحة ٦٠-٧٥% من مســاحة السطحية للأحواض بما يوفر مساحة سطحية مناسبة فى منطقة دخول الميــاه الــى الحوض لترسيب المواد سريعة الترسيب ولتنظيم التدفق قبل الترويق خلال وحـــدة الأنابيب المائلة شكل (٤٨).

الأنظمة المائلة للترسيب تستخدم ثلاث صور لاتجاه التدفــق بالنســبة لاتجــاه ترسيب المواد العالقة وهى :

**شكل (٥١)**

**الترسيب بالاتجاه المعاكس : Counter Current Settling**

**الترسيب بالاتجاه الموازى : Cocurrent Settling**

**الترسيب بالاتجاه المتقاطع : Cross Current Settling**

### أ- الترسيب بالإتجاه المعاكس : (٥١- أ)

وفى هذا النظام تدخل المياه المروية من النهاية السفلى وتتدفق لأعلــى خــلال القنوات ذات الأسطح المائلة فترســب المواد العالقة على السطح السفلى فــى كــل قناة. إذا كانت زاوية الميل كبيرة فإن الأجسام الصلبة تتحرك إلى أسفل السطح فــى اتجاه معاكس لتدفق المياه وإلا يحدث اضطراب للتدفق مما يتطلب التنظيف مــن أن إلى آخر. وقد استخدم الترسيب بالاتجاه المعاكس باستخدام الأنابيب المائلـــة وتــم تصميم نماذج مختلفة للأنابيب المائلة (Tube Module) كما فى الشكل (٥٠). وهــذه تشمل الأنابيب المربعة بين أسطح راسية والتغير فى اتجـــاه الميــل بيــن أســطح متجاورة راسية، والأنابيب الراسية. ويستخدم نظام الترسيب بالاتجاه المعاكس فـــى أحواض المروقات ذات التدفق الأفقى وكذلك فى بعض المروقات ذات الالتصـــاق

بالاجسام الصلبة (Solids Contact Clariafiers) بهدف تحسين ورفع الكفاءة، بالإضافة الى العمل كعوائق التى تحسن من انتظام التدفق.

### ب- بالترسيب بالاتجاه الموازى : شكل (٥١-ب)

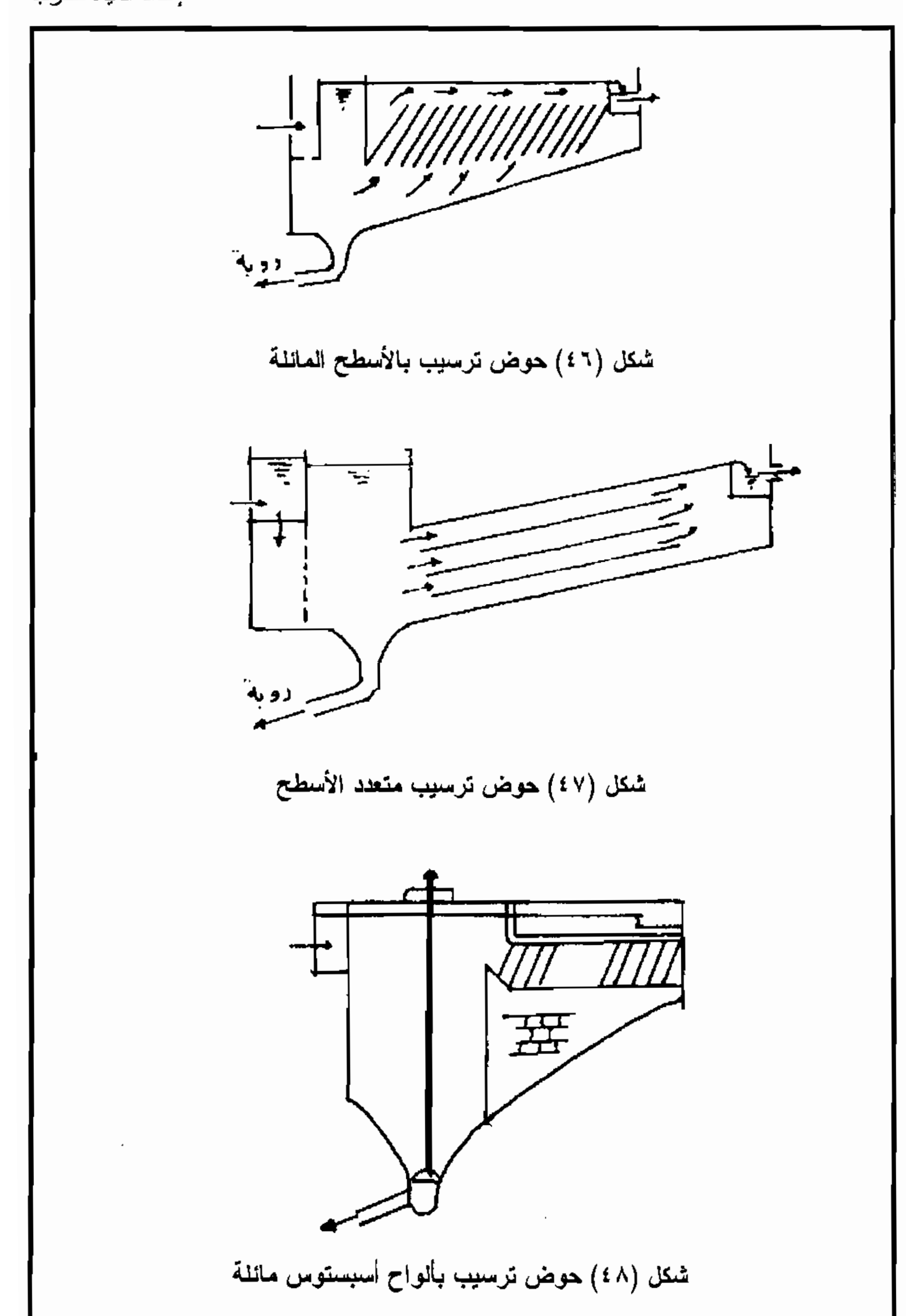
فى هذا النظام فإن المياه تدخل من النهاية العلوية للأسطح العلوية المائلة حيث تتدفق الى أسفل خلال القنوات. المواد المترسبة على الأسطح السفلى تتحرك فى نفس الاتجاه للمياه فوقها. وفى هذا النظام يلزم العناية بجمع المياه من النهاية السفلى للسطح العلوى لكل قناة وذلك لمنع إعادة تعليق المواد المرسبة (Resuspension) ويستفاد بهذا النظام فى التخلص من المواد الطافية والعالقة عند معالجة مياه الصرف.

### جـ- الترسيب بالاتجاه المتقاطع : شكل (٥١ - جـ)

فى هذا النظام تدخل المياه لتتدفق أفقيا بين الأسطح المائلة حيث تتحرك المواد المرسبة إلى أسفل. وفى هذا النظام فإن إعادة تعلق المواد المرسبة عادة أقل من الترسيب بالاتجاه المعاكس أو الموازى. كما أن التغير فى الميل يوفر الاستفادة بحجم الحوض وكذلك سلامة وثبات الإنشاء لنموذج الأنابيب.

### د- مروق الأسطح المائلة لا ميلا : شكل (٥٢) : Lamella Tilted Plate Clarifier

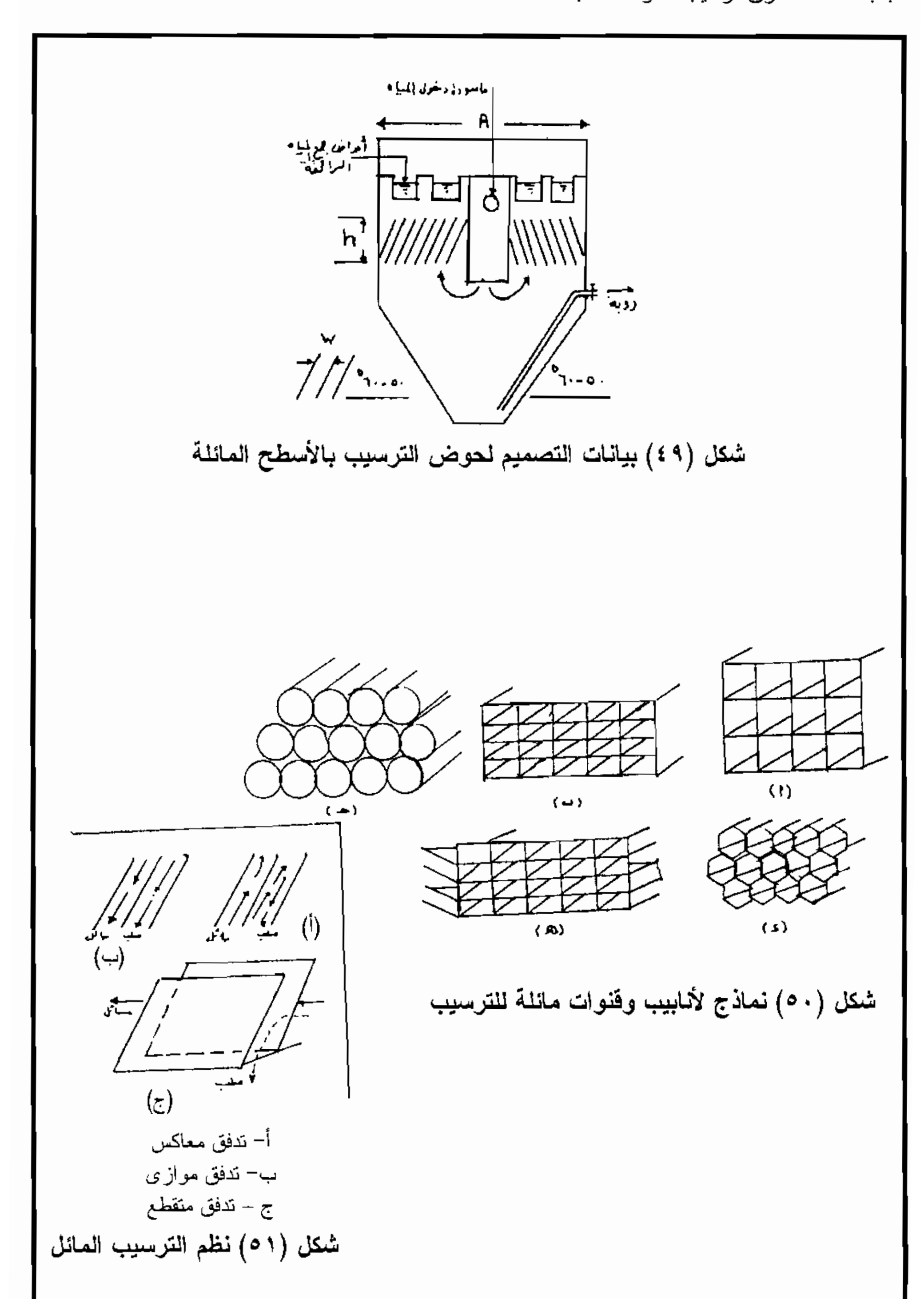
زاد إستخدام مروق الأسطح المائلة فى تنقية المياه. ويشمل عددا من الألواح المائلة بزاوية من ٤٥-٦٠ درجة بالنسبة للمستوى الافقى. وتستخدم فى هذا النظام طرق مختلفة لدخول المياه لتمكن دخول المياه لكل قناة مائلة.




شكل (٤٦) حوض ترسيب بالأسطح المائلة

شكل (٤٧) حوض ترسيب متعدد الأسطح

شكل (٤٨) حوض ترسيب بألواح أسبستوس مائلة

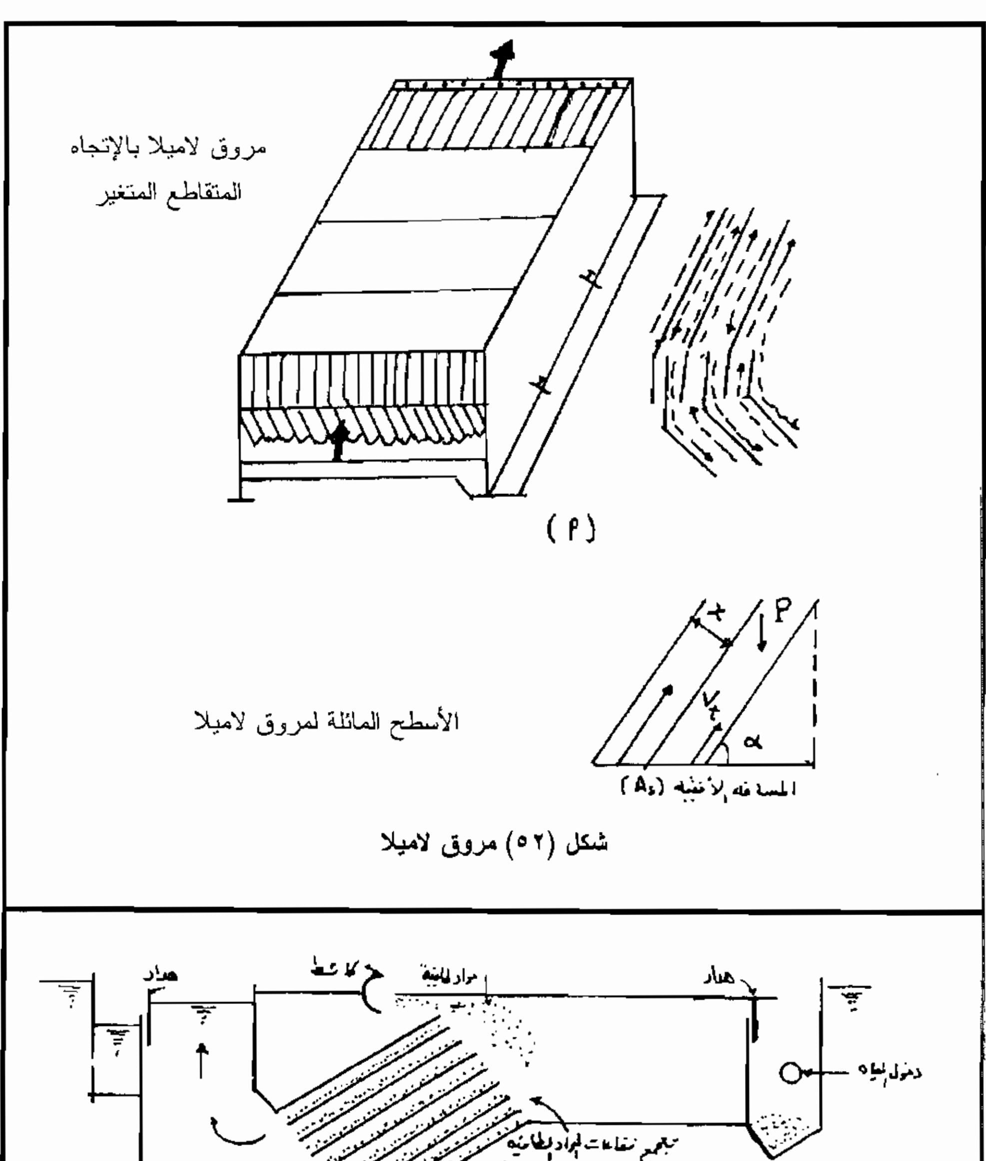



شكل (٤٩) بيانات التصميم لحوض الترسيب بالأسطح المائلة

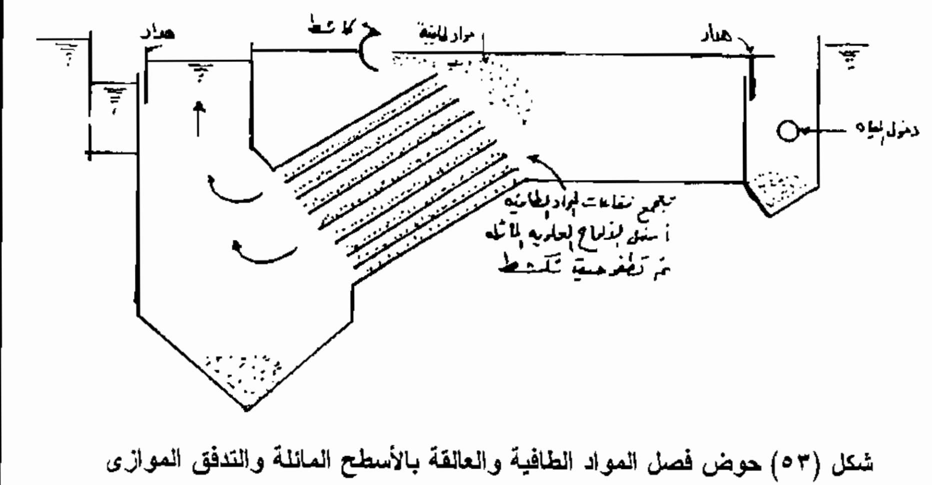
شكل (٥٠) نماذج لأنابيب وقنوات مائلة للترسيب

أ- تدفق معاكس
ب- تدفق موازى
ج - تدفق متقطع

شكل (٥١) نظم الترسيب المائل




شكل (٥٢) مروق لاميلا




شكل (٥٣) حوض فصل المواد الطافية والعالقة بالأسطح المائلة والتدفق الموازى

عند ثلث ارتفاعها عن القاع. والنتيجة أن ترسب المواد العالقة فى مسافة قصيرة فى كل قناة وأن تنزلق الى منطقة جمع الرواسب أسفل الألواح. المياه المروية تمر فى الاتجاه المعاكس أسفل سقف كل قناة إلى وصلة تجمع المياه الرائقة.

المساحة المحققة نظريا لفصل المواد العالقة تساوى مجموع إسقاط الأسطح (الألواح) أو القنوات على المستوى الأفقي ويوضح شكل (٥١) أن الإسقاط الأفقى لقناة واحدة لمروب، حيث المساحة الأفقية (A)، المسافة بين السطحين مقاسه عموديا x. فان المروق سوف يحتوى على عدد من القنوات = $\frac{Sin\alpha}{x}$ لكل وحدة طول. الزاوية $\alpha$ المناسبة هى ٥٥–٦٠ درجة لتسمح بالسقوط للمواد العالقة، كما أن الفاصل بين الألواح يلزم أن يكون كبيرا بما يسمح بالتدفق المعاكس للسائل والمواد الصلبة المترسبة فى قاع السطح السفلى وهذه المسافة تتراوح ما بين ٥–٧.٥ سم.

توجد أنواع مختلفة من النماذج ولكن الاختلاف الرئيسى بينها هو طريقة توزيع المياه الداخلة الى الوحدة. وطاقة التشغيل تتراوح ما بين ١ – ٣ م$^{٣}$ / م$^{٢}$ / الساعة من المساحة السطحية الأفقية، الطول المائل من ١–٣ متر. الميزة الرئيسية للمروق الذى يعمل بالأسطح المائلة هى زيادة طاقة التحميل السطحى لكل متر مربع من المساحة الأفقية. ولكن العيوب الرئيسية هى التغير فى تركيز المواد الصلبة المتدفقة لأسفل والذى يقل عن المروقات التى تعمل بالجاذبية وكذلك صعوبة التنظيف والتسليك عند حدوث انسداد. وعند استخدام المرويات فإنه يلزم توفير معدات وأحواض الترغيب قبل الفصل نظرا لأن الشكل الهندسى لأحواض الفصل لا يسمح بالترغيب.

وتمثل هذه الأحواض ميزة كبيرة فى حالة ارتفاع أسعار الأراضي. ومشاكل أحواض الترسيب المائلة هى الإنشاء للأسطح الغير محملة، إزالة الرواسب، الصيانة للأجزاء الميكانيكية المغمورة كما تستخدم الأسطح المائلة فى إزالة المواد الطافية والعالقة شكل (٥٣).

## ٣- المروقات ذات طبقة الزغبات (الروبة) العالقة Floc Blanket Clarifiers :

### أ- نظرية عمل طبقة الزغبات العالقة (السابحة) Fluidi Zed Bed

عند مرور سائل إلى أعلى خلال طبقة سابحة وثابتة ومتجانسة من الزغبات بمعدل تدفق منخفض، فان شكل التدفق يشابه ذلك عندما يكون الى أسفل خلال الطبقة، عندما تزداد سرعة التدفق الى أعلى بدرجة كافية بما يسبب قوة سحب (Drag Force) على الزغبات مساوية للوزن الظاهرى (الوزن الحقيقى ناقص الطفو) للأجسام. عندئذ فإن هذه الأجسام العالقة (الزغبات) توفر مقاومة أقل للتدفق وكذلك حدوث تمدد لطبقة الزغبات (الروبة) وتستمر هذه العملية مع زيادة سرعة السائل حتى تصل الطبقة الى أدنى حالة من التجميع أو التراكم. وعند زيادة أكثر لسرعة السائل لأعلى تتفكك عن بعضها وتصبح محملة بحرية على السائل (سابحة). عندئذ يقال أن هذه الطبقة من الزغبات (الروبة) هى طبقة سابحة (Fluidized Bed). حيث لا تتحرك الأجسام العالقة وتظل عالقة بواسطة التدفق الصاعد للسائل.

المروقات التى تعمل بطبقة الزغبات السابحه أ شكال (٥٤، ٥٦، ٥٧، ٥٨، ٥٩، ٦٠، ٦١، ٦٢) لها حوائط راسية متوازية وقاعدة مستوية أو قمعية. فى هذه المروقات فإن المياه المختلطة بالمروب يتم تغذيتها من أسفل الى قاعدة المروق. والتدفق الناتج المنتشر الى أعلى يسبب حدوث التزغيب (Flocculation)، وتظل

الأجسام من الزغبات الكبيرة عالقة فى الحوض. الزغبات العالقة تتراكم ببطئ أولا ثم تزداد الى أقصى معدل للتراكم والتجميع والذى يحده التدفق الصاعد للمياه وخصائص الزغبات العالقة. وعند الوصول الى هذا الحد يمكن القول بوجود طبقة من الزغبات (Floc Blanket) تشغل حيزا من هذه المواد العالقة حيث يزداد حجمها ويرتفع سطحها العلوى. يمكن التحكم فى مستوى سطح هذه الطبقة بإزالة المواد الصلبة العالقة (الروبة) من هذه الطبقة للمحافظة على منطقة مياه رائقة ما بين الطبقة (أعلى الطبقة) وأحواض تصريف المياه الرائقة أو الهدارات.

وتتم عملية الترويق فوق وأعلى الطبقة فى شكل ترسيب، حجز، تنقية وعمليا فإن زمن احتجاز المياه فى طبقة الروبة السابحة يزيد عن الزمن اللازم لنمو الزغبات. وهذه العملية تشبه عملية الحجز السطحى للمرشحات العميقة حيث يتم الحجز بالتزغيب و تجميع الزغبات، ولكن الاحتمال الأكثر هو حجز المصفاة (Straining) حيث الأجسام العالقة الصغيرة الصاعدة لا تتمكن من المرور خلال المسام بين الأجسام الكبيرة والتى تتكون منها معظم الطبقة السابحة. وتتأثر كفاءة الحجز بالفواصل بين الزغبات الكبيرة والتى ترتبط بنوع الزغبات وسرعة السائل. ولتحقيق حالة عدم رسوب الأجسام العالقة. (Hindered Settling) والتجميع المسامي السايح (Fluidized Bed) لطبقة الزغبات السابحة فإن ذلك يرتبط بالعلاقة بين سرعة التدفق الصاعد للماء وتركيز الزغبات. ذلك لأن نوعية المياه الرائقة تتلف بسرعة عندما يقل تركيز الزغبات فى الطبقة السابحة وإن زاد التركيز كثيرا فإن الفواصل بين الزغبات تكون صغيرة لحجز الزغبات الصاعدة وبالتالى يكون التحسن بطئ فى نوعية المياه الرائقة.

ولذلك فى حالة الترسيب باستخدام طبقة الزغبات (الروبة) السابحة الواضحة والمحددة فإن ذلك يتطلب أن تكون السرعة للتدفقات للماء حوالى نصف أقصى معدل للترسيب (يحدث مظهر غليان خفيف عند سرعة ٠,٥٥ × V)، وبمعنى أخر

هى نصف مسافة رسوب الأجسام العالقة (h/2) والذى يقدر بحوالى ١٦-٢٠% من حجم الحوض فى حالة استخدام الشبه كمروب و ٢٥-٣٠ % عند استخدام البولى إليكتروليت من مساعدات الترويب.

**ب- المروقات بنظام الأجسام الصلبة الملتصقة : شكل (٥٤، ٥٨، ٥٩) Solid Contact Clarifiers**

مروق الأجسام الصلبة الملتصقة يكون عادة فى الشكل الدائرى وأحيانا فى الشكل المربع. ويشمل كل عمليات المرحلة الأولى لتنقية المياه، الخلط السريع، الخلط البطئ للتزغيب، تدوير المواد الصلبة، كسح الروبة. وهذه المروقات تعمل لترسيب المواد العالقة بالتدفق العلوى.

فى هذا النظام يتم التغذية بالمياه العكرة الى منطقة الخلط السريع وهى داخل غطاء والذى يشكل الحائط الداخلى لمنطقة الترسيب. يتم التغذية بالكيماويات فى منطقة الخلط السريع، ثم تتدفق المياه من منطقة الخلط السريع أسفل الحائط الى قاع منطقة الترسيب. وفى نظام إعادة التدوير والخلط الأولى السريع فإن المياه تسحب من أعلى منطقة الخلط الأولى وتصب فى وسط منطقة الترسيب. نظام إعادة التدوير يمكن من تدفق المياه الغير معالجة (العكرة) إلى الحوض وأن التدفق الزائد فى منطقة الترسيب يسحب لأسفل الحائط ثانيا إلى منطقة الخلط الأولى، وهذه الحركة إعادة تدوير المواد الصلبة تساعد على التزغيب فى منطقة الخلط الأولى تزغيب العكارة حيث يزداد حجم التزغيبات بالتصاقها (Solids Contact). تزال الروبة من خلال محبس آلى مزود بجهاز ميقاتى (Timer). يمكن تحديد كمية المياه الدائرة فى العملية افتراضيا (Emperical) والتحكم فيها.

تصمم المروقات ذات الأجسام الصلبة الملتصقة بطريقتين، الأولى وهى التصاق الطبقة (Blanket Contact)، حيث التدفقات الصاعدة يتم ترشيحها خلال طبقة الزغبات، والتى تتمدد بانتظام لمساحة كبيرة مسامية كافية تسمح فقط بالمياه

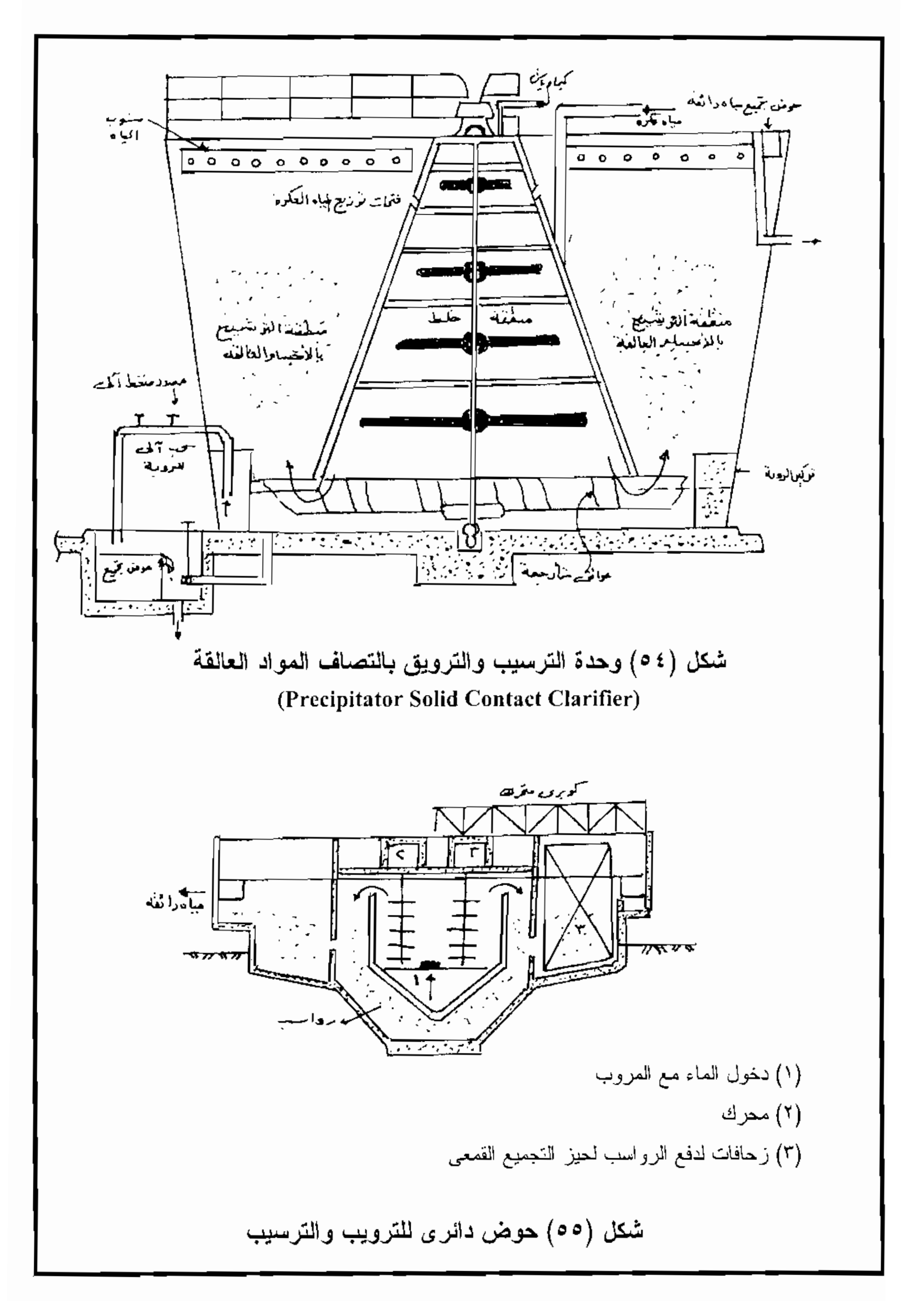
الرائقة بالمرور. والطريقة الثانية تشمل التحكم فى حجم التدوير للمواد الصلبة لمنطقة الخلط السريع بما يسمح بالتصاق الأجسام العالقة فى منطقة الخلط السريع والتزغيب ومن الناحية العملية فإن النوع الثانى الذى يعمل بتدوير المواد الصلبة هو المستخدم شكل (٥٦، ٥٨). فى وحدة التصاق المواد الصلبة حيث التصميم بالتدفق لأعلى يتطلب توفير الزمن الحقيقى للتزغيب والتحكم فى التدوير وصرف الروبة بما يحقق كفاءة تنقية عالية. يعتبر نظام التنقية بنظام المواد الصلبة الملتصقة مثالى فى عمليات إزالة العسر بالجير (Lime Softening). ويمكن إعتبار أن كلا النوعين من أحواض التصاق المواد الصلبة من المروقات ذات طبقة الزغبات وذلك فى حالة إمكان عمل طبقة من الزغبات ثابتة وواضحة ومستمرة فى منطقة الترسيب. وعادة فإن حجم وتركيز المواد الصلبة فى التدوير فى أحواض الالتصاق ليس كبيرا مثل المطلوب لاستمرار الطبقة.

### ج- المروقات القمعية ذات طبقة الزغبات العالقة : شكل (٦١)

فى أول تصميم لأحواض طبقة الزغبات العالقة كان لها قاع قمعى واحد مربع أو مستدير المقطع. فى هذه الوحدات فإن المياه المختلطة بالمروب يتم تغذيتها من أسفل قاع القمع. يساعد شكل القمع المتسع على سهولة توزيع التدفق من نقطة واحدة فى المدخل الى تدفق صاعد لمساحة كبيرة. التدفق العلوى المتسع يسمح بحدوث نمو للزغبات واستمرار الجسيمات الكبيرة عالقة وتكوين طبقة من الزغبات. الفقد فى الضغط خلال طبقة الزغبات رغم صغره فإنه يساعد على تجانس التدفق لأعلى. يشغل القمع الواحد أو الشكل الهرمي حوالى ٣٣% من المساحة المتيسرة هذا الى التكاليف العالية فى الإنشاء وقيود الإنشاء. ولهذا فقد تم تطوير أشكال بديلة للأحواض القمعية مع المحافظة على الميزة الهيدروليكية للأقماع. وهذا يشمل أحواض متعددة الأقماع وحوائط وأحواض تجميع وتجهيز للخلط المسبق السريع ومع زيادة عمق طبقة الزغبات فإن نوعية المياه الرائقة أعلا

الطبقة تتحسن ولكن مع زيادة هذا العمق عن حد معين يقل تحسن نوعيـــة الميـــاه الرائقة.

عمق طبقة الزغبات دليل على كمية المواد الصلبة العالقـــة. العمــق المؤثــر (السمك المؤثر) يعرف بالحجم الكلي للطبقة مقسوما على مساحة سطحها العلـــوى الملامس للمياه الرائقة. العمق المؤثر للقمع هو تقريبـــا ثلـــث القمـــع. لـــهذا فـــإن الأحواض ذات القاع المستوى عمقها الحقيقى أقل كثيرا من الأحواض القمعيـــة ذات نفس العمق المؤثر. العمق المؤثر للطبقة حوالى ٢-٣ متر. كمية الأجسام الصلبـــة العالقة والتى تقدر بعمق طبقة الزغبات وتركيزها تؤثر على الكفاءة لتأثيرها علـــى عملية التزغيب، وكذلك فان الفقد في الضغط يساعد علي توزيع التدفق، بما يعنـــي زيادة سمك الطبقة وثباتها. طبقة الزغبات الثابتة جدا يمكن أن تعمل وتوفـــر ميـــاه رائعة (Supernatent) بعمق أقل من ٣٠ سم وبدون تسرب للزغبـــات إلـــي أعـــلا (Carry Over) أو إعادة تعلق ملموسة. وعمليا فإن هذا يتوقف علي الفواصل بيـــن الهدارات والاضطرابات الناتجة عـــن حركة الرياح. في الأحواض حيث الطبقـــة ذات السطح الغير مستقر تميل إلي مظهر الغليان الغير مستقر مع ضعف إمكانيـــة التحكم في السطح ولهذا فإن طبقة المياه الرائقة فوق سطح الزغبات يجب إلا يقـــل عمقها عن ١ متر لتقليل سحب الزغبات وخاصة في حالة زيـــادة ســـرعة التدفـــق لأعلي. وعادة فإن طبقة المياه الرائعة فوق سطح الزغبات تكون ٢ متر وإن كـــان هذا ليس بالضرورة في حالة التحكم الجيد في منسوب طبقة الزغبات. يمكن بسهولة التحكم في منسوب طبقة الزغبات باستخدام هدار للروبة أو أقماع أعتاب موضوعـــة علي منسوب عالي نسبيا. يمكن تفريغ أقماع الروبة من آن الـــي آخـــر بواســـطة محابس موقوتة آليا شكل رقم (٦١). كما يجب ان تكون أقماع الروبة مـــن ناحيـــة حجمها وتوزيعها بما يوفر الإزالة الجيدة للروبة. وان تكون كذلك كبـــيرة لتحقـــق التكثيف الأولي في حالة المعدل العالي لسحب الروبة، ويحدث هذا عند زيادة معـــدل التدفق وزيادة الجرعات الكيماوية.




**شكل (٥٤) وحدة الترسيب والترويق بالتصاف المواد العالقة**

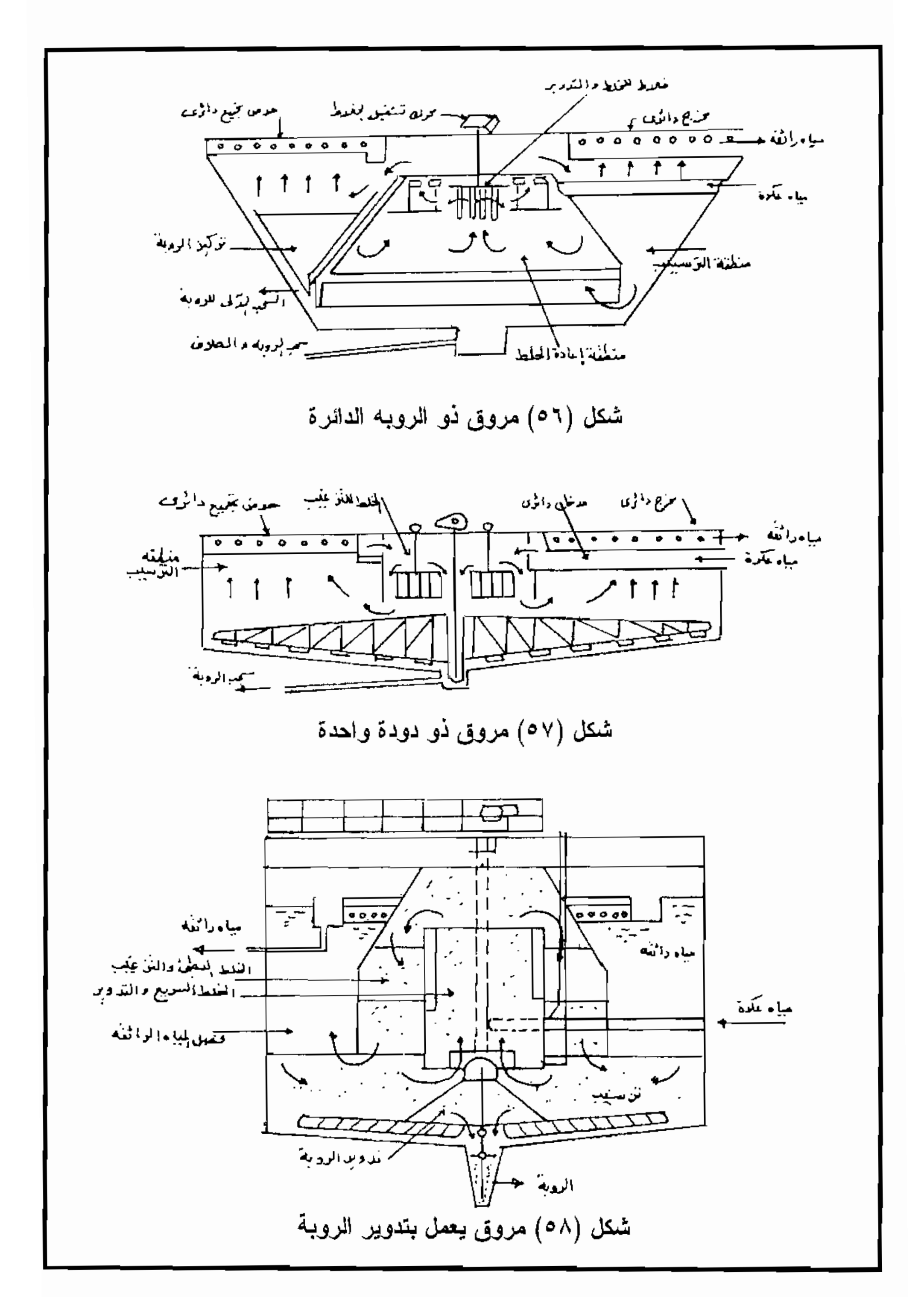
**(Precipitator Solid Contact Clarifier)**

(١) دخول الماء مع المروب

(٢) محرك

(٣) زحافات لدفع الرواسب لحيز التجميع القمعى

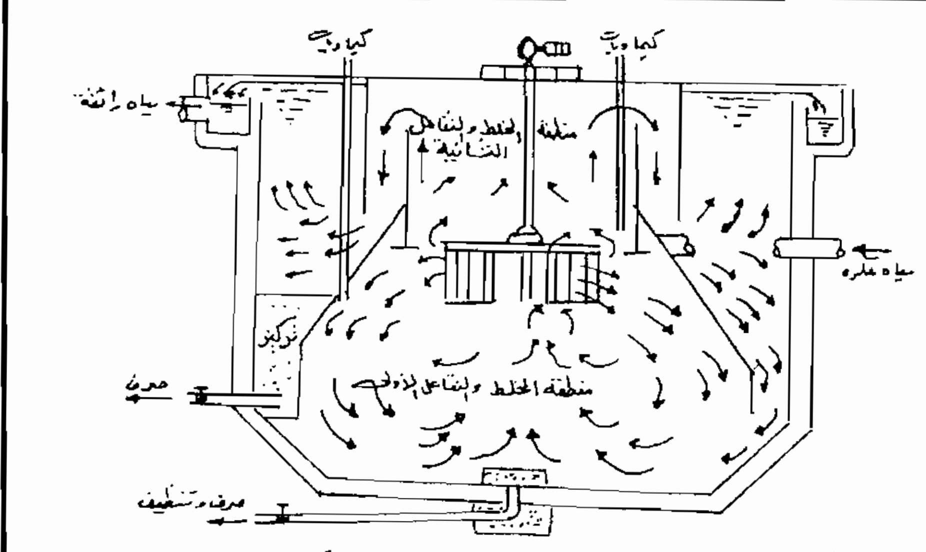
**شكل (٥٥) حوض دائرى للترويب والترسيب**



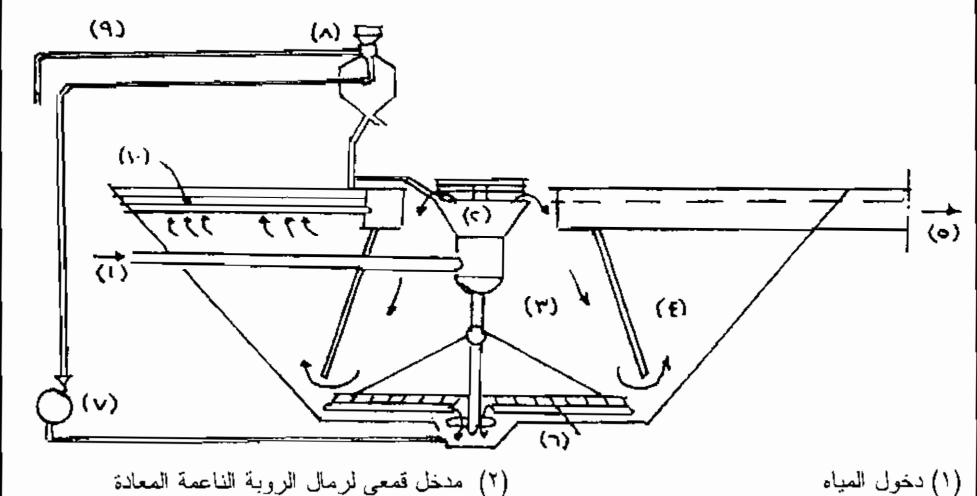

شكل (٥٦) مروق ذو الروبه الدائرة

شكل (٥٧) مروق ذو دودة واحدة

شكل (٥٨) مروق يعمل بتدوير الروبة

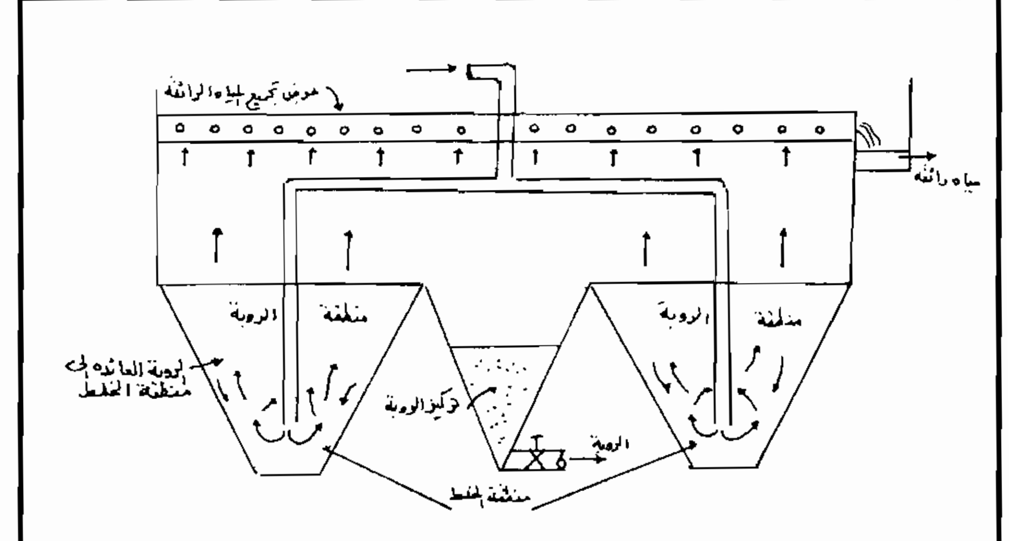


**شكل (٥٩) المروق المعجل – يعمل بالمواد الصلبه الملتصقة – حيز الترويب داخل حيز الترسيب (Accelerator Solids Contact Clarifier)**

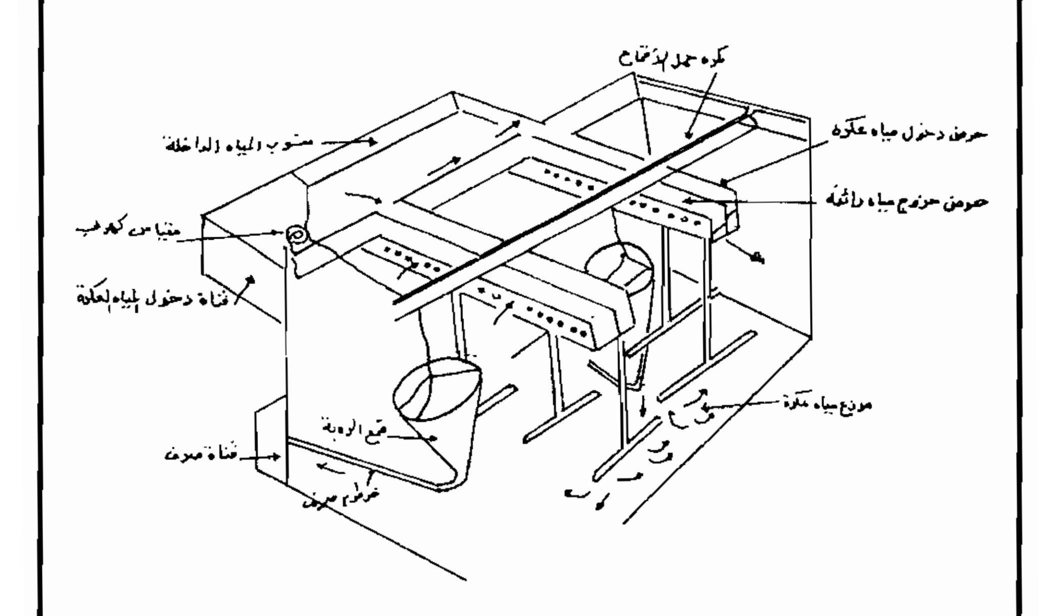



| | |
|---|---|
| (١) دخول المياه | (٢) مدخل قمعى لرمال الروبة الناعمة المعادة |
| (٣) منطقة التفاعل | (٤) منطقة الترويق |
| (٥) مخرج المياه الرائقة | (٦) قصابية كسح الروبة |
| (٧) طلمبة تجميع الروبة والرمال الناعمة وتدويرها | (٨) خزان تجميع الروبة والرمال الناعمة |
| (٩) صرف الروبة | (١٠) حوض تجميع المياه |

**شكل (٦٠) الترويق بنظام تدوير الزغبات**
**(Syclo floc Clarification System)**




شكل (٦١) مروق القاع القمعى وطبقة الروبة العالقة وقمع منفصل لتركيز الروبة




شكل (٦٢) حوض ترويق مسطح القاع - توزيع التدفق بالشموع المقلوبة وجمع الروبه فى أقماع

*** مثال :**

لتحديد المساحة اللازمة لإزالة الزغبات العالقة ( الروية ) بهدف التحكم في منسوب طبقة الزغبات في حوض التروبق الذي يعمل بطبقة الزغبات العالقة. بفرض:

| معدل التدفق الأعلى متر/الساعة | ١,٦ | ١,٩٥ | ٢,٥ | ٣,٠٥ | ٣,٦٥ | ٤,٢ | ٤,٧ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نسبة المساحة المطلوبة % | ١,٩ | ٢,٠ | ٢,٣ | ٢,٦ | ٣,١ | ٣,٦ | ٤,٥ |

وتتوقف نسبة المساحة المطلوبة طبقا للجرعات المختلفة من الشبة وعمليا المساحة الكبيرة تكون لازمة لمواجهة الحاجة لإزالة الزغبات عند حالات التدفقات العالية المفاجئة ولمدة قصيرة.

### د- مروق طبقة الزغبات العالقة بالقاع المستوى: Flat Bottom Tank

من أجل خفض تكاليف الانشاء تم التخلى عن الأقماع واستخدام أحواض ذات قاع مستوى. وبذا أمكن توفير تدفق جيد باستخدام مواسير عبر القاع أو الشموع المقلوبة. وإن كان هذا يعيق انشاء نظام الترسيب المائل شكل (٦٢).

## ٣- عمليات الترويق الخاصة :

### أ- المروق النابض : Pulsator Clasrifier شكل (٦٣)

هذا المروق تم تصنيعه وتطويره بواسطة شركة Decrement وهو عبارة عن مروق ذو طبقة زغبات والذي يستخدم نظام موحد للنبض الهيدروليكي. لإستمرار تجانس طبقة المواد الصلبة فى المروق تدخل المياه المروبة كيميائيا أولا غرفة تفريغ مجاورة للمروق لتسحب المياه إلى الغرفة بواسطة طلمبة تفريغ (Vacuum Pump) ويتم التحرر من التفريغ بواسطة تيار هواء والذي يسمح بتدفق الهواء الى المروق بما يسبب نبض هيدروليكي فى المروق. طاقة التزغيب المكتسبة هي دلالة لزمن النبض وشدته. المياه المروبة تدخل المروق خلال عدد من مواسير

التوزيع عند قاع المروق. مواسير التوزيع المثقبة والتى تعلوها مباشرة عوائق على شكل حرف V المقلوب المثبتة تسبب اضطراب والذي يساعد فى توزيع التدفق بالتساوي على قاع طبقة الزغبات. مرور المياه لأعلى خلال طبقة الزغبات يوفر التصاق الماء بزغبات متكونة سابقا أي التزغيب بالالتصاق (Contact Flocculation) والذي يحقق ترويق للمياه العكرة القادمة. أثناء التدفق الأولى للمياه فى المروق فان طبقة الزغبات تتمدد لاعلى أثناء الجزء من دورة النبض (Pulsating Cycle) عندما لايكون هناك تدفق للماء داخل المروق فان طبقة الزغبات ترسب واستمرار النبض يحافظ على استمرار وانتظام طبقة الزغبات فى المروق وبذلك يتوفر الاستمرار للتدفقات خلال المروق ونتيجة للالتصاق الجيد للتدفقات مع طبقة الزغبات يمكن تحقيق استخدام جيد للمروب وإنتاج مياه رائقة جدا. دورة النبض التقليدية عادة ٤٠-٥٠ ثانية ويتم المحافظة على عمق طبقة الزغبات فى منسوب ثابت باستخدام هدار لسحب الروبة. مروق النبضات مفيد فى تنقية المياه قليلة العكارة والملونة (Hilghly Coloured) وذلك لصعوبة تكوين زغبات سريعة الترسيب. التحميل السطحي للمروق النابض من ٠,٢٥ الى ١,٩ جالون فى الدقيقة / القدم المربع من المساحة السطحية للمروق وبمتوسط تحميل ٠,٥ جالون فى الدقيقة / القدم المربع تقريبا.

**ب – المروق عالي النبضات : شكل (٦٤) Super Pulsator Classifier**

تم تطوير مروق النبضات بواسطة الشركة المنتجة إلى المروق عالي النبضات بطبقة الزغبات يشمل نظام النبض الهيدروليكي لمروق النبضات مع مجموعة من الأسطح المتوازية المائلة موضوعة فى خلال طبقة الزغبات. الأسطح المائلة تساعد فى استمرار التركيز العالي للمواد الصلبة مع زيادة معدل الترويق الهيدروليكي لأعلى وهذا يسمح للمروق عالي النبضات ليعمل بمعدل تحميل اكبر ٢-٣ مرة عن مروق النبضات. ميل الأسطح ٦٠ درجة على الأفقي والفاصل بين الأسطح من ١٢-٢٠ بوصة (٣٠-٥٠ سم) تركب ريش عاكسة صغيرة على المحور العرضي للأسطح المائلة وفى اتجاة التدفق بين الأسطح. وهذه العواكس توجد دوامة (Vortex) بما يساعد فى خلط المواد الصلبة التى رسبت مع المياه الجاري تنقيتها.

### جـ- المروق الثلاثي الذي يعمل بالامتصاص والالتصاق شكل (٦٥)

المروق الثلاثي لتنقية المياه يشمل مراحل الترويب والترويق والترشيح في وحدة واحدة تعمل بالتدفق العلوي والإدمصاص. الوسط المستخدم فى الإدمصاص يتكون من خرزات من البلاستيك القابل للطفو والتى تحجز فى المروق بواسطة شبكة. يصاحب عملية إزالة العكارة إدمصاص الزغبات المتروبة على سطح الخرزات البلاستيك وكذلك على الجسيمات الملتصقة بها.

يصمم المروق الثلاثي لتوفير حمل سطحي حوالى ١٠ جالون / القدم المربع فى الدقيقة. الحجم المؤثر لجيبات الوسط الترشيحي (الخرزات) ٤-٦ مليمتر وعمق الوسط الترشيحى حوالي ٤ قدم.